



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

---

**“DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA  
VELOCIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA CARRETERA POROY -  
IZCUCHACA”**

---

Línea de Investigación:

Presentado por:

Rojas Oré, René Erwin

Código Orcid: 0009-0004-4687-1917

Quelopana Villalba Stevent

Código Orcid: 0009-0008-7333-0787

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Herbert Zeballos Guzmán

Código Orcid: 0009-0003-2585-7588

CUSCO - PERÚ

2023



**METADATOS**

| <b>Datos del Autor</b>                           |   |
|--|---|
| Nombres y apellidos                              | <i>Rojas Oré, René Erwin</i>                                      |
| Número de documento de identidad                 | <i>23992494</i>   |
| URL de Orcid                                     | <i>https://orcid.org/0009-0004-4687-1917</i>                      |
| Nombres y apellidos                              | <i>Quelopana Villalba Stevent</i>                                 |
| Número de documento de identidad                 | <i>43900644</i>   |
| URL de Orcid                                     | <i>https://ocid.org/0009-0008-7333-0787</i>                       |
| <b>Datos de Asesor</b>                           |   |
| Nombres y apellidos                              | <i>Mgt. Ing. Herbert Jesús Zeballos Guzmán</i>                    |
| Número de documento de identidad                 | <i>23893906</i>   |
| URL de Orcid                                     | <i>https://orcid.org/ 0009-0003-2585-7588</i>                     |
| <b>Datos del Jurado</b>                          |   |
| <b>Presidente del Jurado (Jurado 1)</b>          |   |
| Nombres y apellidos                              | <i>Mgt. Ing. YimmY Johan Chipana Molina</i>                       |
| Número de documento de identidad                 | <i>41064741</i>   |
| <b>Jurado 2</b>                                  |   |
| Nombres y apellidos                              | <i>Mgt. Ing. Enfique Nuñez del Prado Coll</i>                     |
| Número de documento de identidad                 | <i>23904327</i>   |
| <b>Jurado 3</b>                                  |   |
| Nombres y apellidos                              | <i>Mgt. Ing. Jorge Álvarez Espinoza</i>                           |
| Número de documento de identidad                 | <i>23818765</i>   |
| <b>Jurado 4</b>                                  |   |
| Nombres y apellidos                              | <i>Mgt. Ing. Tito Gabriel Chacon Mendoza</i>                      |
| Número de documento de identidad                 | <i>46185744</i>   |
| <b>Datos de la Investigación</b>                 |   |
| Línea de investigación de la Escuela Profesional | <i>Proyecto, Construcción, Mantenimiento con el Apoyo de Tics</i> |



Herbert J. Zeballos Guzmán  
ING. CIVIL  
N° 67462



INFORME TURNITIN:

DETERMINACIÓN DE LA  
INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE  
RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD  
Y NIVEL DE SERVICIO DE LA  
CARRETERA POROY -  
IZCUCHACA

por RENE ERWIN ROJAS ORE


**Fecha de entrega:** 04-mar-2024 10:55a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2311428406

**Nombre del archivo:** TESIS\_STEVENT\_QUELOPANA\_Y\_RENE\_ROJAS\_25-02-24\_FINAL\_1.pdf (11.38M)

**Total de palabras:** 14981

**Total de caracteres:** 89249



Herbert J. Zevallos Guzmán  
ING. CIVIL  
C.P. N.º 67462



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

---

**“DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA”**

---

Línea de Investigación:

Presentado por:

Rojas Oré, René Erwin

Código Orcid: 0009-0004-4687-1917

Quelopana Villalba Stevent

Código Orcid: 0009-0008-7333-0787

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Herbert Zeballos Guzmán

Código Orcid: 0009-0003-2585-7588

CUSCO - PERÚ

2023

Herbert Zeballos Guzmán  
ING. CIVIL  
CIP. N° 87462





**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**"DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA  
VELOCIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA CARRETERA POROY -  
IZCUCHACA"**

Línea de Investigación:

Presentado por:

Rojas Oré, René Erwin

Código Orcid: 0009-0004-4687-1917

Quelopana Villalba Stevent

Código Orcid: 0009-0008-7333-0787

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil


Asesor:

Ing. Herbert Zeballos Guzmán

Código Orcid: 0009-0003-2585-7588

CUSCO - PERÚ

2023

  
Herbert J. Zeballos Guzmán  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 87467



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: RENE ERWIN ROJAS ORE  
 Título del ejercicio: DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSI...  
 Título de la entrega: DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSI...  
 Nombre del archivo: TESIS\_STEVENT\_QUELOPANA\_Y\_RENE\_ROJAS\_25-02-24\_FINAL...  
 Tamaño del archivo: 11.38M  
 Total páginas: 237  
 Total de palabras: 14,981  
 Total de caracteres: 89,249  
 Fecha de entrega: 04-mar.-2024 10:55a. m. (UTC-0500)  
 Identificador de la entre... 2311428406

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

"DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA  
 VELOCIDAD Y NIVEL DE DESEMPEÑO DE LA GARRETTAM PORDP -  
 ESCORPIONA"

Línea de Investigación:

Presentado por:

Rojas Ore, Rene Erwin

Callejón Quito: 0000-0004-4887-1917

Quilacana Villa de Siles

Código Quito: 0000-0000-7303-0787

Para copiar al Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Heriberto Zeballos Guzmán

Callejón Quito: 0000-0000-2585-7188

CUSCO - 15000

2023

Heriberto J. Zeballos Guzmán  
 ING. CIVIL  
 CIP N° 467467

Derechos de autor 2024 Turnitin. Todos los derechos reservados.



## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a:

A la Virgen del Carmen, agradezco profundamente por brindarme vida y salud, por estar a mi lado como compañera fiel, por protegerme, guiarme y cuidarme en momentos difíciles, y por ser la guía que siempre me muestra el camino. También agradezco por darme la sabiduría de mantener la frente en alto, otorgándome la fortaleza para seguir adelante y luchar incansablemente en cada instante de mi vida.

A mi madre Paula Elena Oré Carrasco, sin ella no hubiera podido lograr pasar tan alta valla; por la paciencia y su amor incondicional que me mostro, además me impulso a tener mucha fuerza; sus palabras que me levantaron el ánimo y me guiaron a lo largo de la vida.

A mi amado hijo, Jhared Alejandro Rojas Barra, quiero dedicarte estas palabras llenas de gratitud y amor. Tu presencia en mi vida ha sido el motor que me impulsa a buscar siempre la mejora, el crecimiento y el éxito. A través de tus experiencias y enseñanzas, he aprendido a ser más tolerante y a enfrentar con valentía la incertidumbre que se presenta en nuestro camino.

**René Erwin Rojas Oré**

XVI



## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a:

Agradezco infinitamente a Dios y a la Virgen del Carmen por otorgarme vida y salud, por estar siempre a mi lado, protegerme, guiarme y cuidarme en cada paso de mi camino.

A mi madre Silvia T. Villalba Salcedo y a mi padre Jorge S. Quelopana Valdelomar, sin ellos no lo había logrado esta meta. Su paciencia y su amor incondicional me dieron mucha fuerza y sus palabras para levantarme el ánimo, me guiaron a lo largo de mi vida, muchos de mis triunfos se los debo y estoy muy agradecido y bendecido.

A mis queridos hermanos, Jorge Quelopana Villalba y Silvia J. Quelopana Villalba, les dedico mi más sincero agradecimiento por haber compartido conmigo los mejores años de mi vida.

A mi compañera, amiga y esposa Anghela L. Corbacho Trujillo madre de mi hija Caetana Quelopana Corbacho, por brindarme su amor, apoyo incondicional y estar presente en las buenas y en las malas.

A mis adorados abuelos, quienes desde el cielo velan por mi bienestar y me colman de su amor incondicional

**Stevent Quelopana Villalba**

XVII



## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Andina del Cusco, por brindarnos la enseñanza, formación profesional, sus docentes quienes dieron su sabiduría y experiencias a lo largo de mi vida universitaria.

A nuestro maestro Ingeniero Heber Zaballos Guzmán, quien ha tomado un compromiso con el asesoramiento, paciencia y transmitirnos sus diversos conocimientos, por la ardua tarea y el logro de la tesis.





## RESUMEN

El presente trabajo de investigación para la obtención del título profesional abordó el tema de evaluación funcional, centrándose en el análisis de la rugosidad de la superficie de rodadura. Este factor juega un papel crucial en la seguridad y comodidad de los usuarios de las carreteras. Asimismo, se explotan las implicancias de la rugosidad en los costos de operación de los vehículos, ya que la magnitud de las irregularidades superficiales influye directamente en la disminución de velocidad vehicular.

Mediante el uso del Manual de Capacidad Vial Americano HCM 2010 6ª edición, se pudo llevar a cabo los ajustes requeridos y obtener un factor de reducción de velocidad vehicular asociado al Índice de Rugosidad. Este procedimiento permitió relacionar los niveles de servicio con las condiciones específicas de la carretera y realizar las adecuaciones necesarias.

La metodología de la investigación se implementó en un tramo específico de diez kilómetros de longitud, once tramos que comparte características similares con la carretera Poroy – Izcuchaca. Este tramo en particular abarca desde el kilómetro 945+000 hasta el kilómetro 955+800, y fue seleccionado como muestra representativa para llevar a cabo el estudio.

Los resultados obtenidos en los tramos de estudio revelaron que uno de los aspectos clave para el mantenimiento de una carretera fue el incremento del factor de la rugosidad. Este factor proporcionó información precisa sobre las condiciones reales de la vía, identificando los principales problemas existentes y permitiendo determinar las estrategias adecuadas para abordarlos.

**Palabras clave:** Rugosidad, Disminución de Velocidad, Nivel de Servicio.



## ABSTRACT

The present research work to obtain the professional title addresses the topic of functional evaluation, focusing on the analysis of the roughness of the rolling surface. This factor plays a crucial role in the safety and comfort of road users. Likewise, the implications of roughness on vehicle operating costs are exploited, since the magnitude of surface irregularities directly influences the reduction in vehicle speed.

By using the American Road Capacity Manual HCM 2010 6th edition, the required adjustments can be made and a vehicle speed reduction factor associated with the Roughness Index can be obtained. This procedure allows us to relate service levels to the specific conditions of the road and make the necessary adjustments.

The research methodology was implemented in a specific section of ten kilometers in length, eleven sections that share similar characteristics with the Poroy – Izcuchaca highway. This particular section spans from kilometer 945+000 to kilometer 955+800, and was selected as a representative sample to carry out the study.

The results obtained in the study sections revealed that one of the key aspects for the maintenance of a road is the increase in the roughness factor. This factor provides precise information about the real conditions of the road, identifying the main existing problems and allowing the determination of appropriate strategies to address them.

**Keywords:** Roughness, Speed Decrease, Service Level.



## INDICE

|  |       |
|--|-------|
| METADATOS.....   | I     |
| INFORME TURNITIN:.....   | II    |
| DEDICATORIA.....   | XVII  |
| AGRADECIMIENTOS.....   | XVIII |
| RESUMEN .....  | XIX   |
| ABSTRACT.....  | XX    |
| ÍNDICE DE TABLAS .....   | XXIII |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....  | XXV   |
| CAPITULO I.....  | 1     |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                                     | 1     |
| 1.1. Identificación del Problema .....                               | 1     |
| 1.1.1. Descripción del Problema .....                                | 1     |
| 1.1.2. Formulación interrogativa del problema .....                  | 2     |
| 1.2. Justificación e importancia de la investigación .....           | 3     |
| 1.2.1. Justificación por relevancia.....                             | 3     |
| 1.2.2. Justificación por viabilidad .....                            | 3     |
| 1.2.3. Justificación técnica .....                                   | 3     |
| 1.3. Delimitación de la Investigación .....                          | 3     |
| 1.4. Objetivo de la investigación.....                               | 4     |
| CAPITULO II.....   | 5     |
| MARCO TEÓRICO DE LA TESIS .....                                      | 5     |
| 2.1. Antecedentes de la Tesis.....                                   | 5     |
| 2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional .....                           | 5     |
| 2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional .....                      | 7     |
| 2.2. Bases Teóricas.....   | 8     |
| 2.2.1. HCM Highway Capacity Manual – Carreteras de dos carriles..... | 8     |
| 2.2.2. Condición de Rugosidad. ....                                  | 9     |
| 2.3. Hipótesis .....   | 29    |
| 2.3.1. Hipótesis General .....                                       | 29    |
| 2.3.2. Hipótesis Especifica .....                                    | 29    |
| 2.4. Definición de variables .....                                   | 29    |
| 2.4.1. Variables .....   | 29    |
| Variable independiente.....  | 29    |
| Variable dependiente.....  | 29    |
| 2.4.2. Cuadro de operacionalización de variables .....               | 30    |
| CAPITULO III.....  | 31    |
| MÉTODO.....  | 31    |
| 3.3. Metodología de la Investigación.....                            | 31    |
| 3.3.1.Enfoque de la investigación .....                              | 31    |
| 3.3.2.Nivel o alcance de la investigación.....                       | 31    |



|  |     |
|--|-----|
| 3.4. Diseño de Investigación .....   | 31  |
| 3.4.1. Diseño metodológico.....  | 31  |
| 3.4.2. Diseño de ingeniería.....   | 31  |
| 3.4.3. Población y Muestra.....  | 32  |
| 3.5. Instrumentos .....  | 33  |
| 3.5.1. Instrumentos metodológicos.....   | 33  |
| 3.5.2. Instrumentos de ingeniería.....   | 34  |
| 3.6. Procedimientos de Recolección y Análisis de Datos.....  | 34  |
| 3.6.1. Procedimiento realizado para la recolección de datos .....  | 34  |
| Técnica en la recolección de datos de la velocidad.....  | 37  |
| Validez y confiabilidad de instrumentos .....  | 38  |
| Plan de Análisis de datos.....   | 38  |
| Análisis de la Velocidad de Flujo Libre .....  | 42  |
| ANALISIS DE DATOS.....   | 44  |
| CAPITULO IV .....  | 175 |
| RESULTADOS .....   | 175 |
| 4.1. Resultados respecto a los objetivos específicos.....  | 175 |
| 4.1.1. Resultados respecto al objetivo específico N° 01.....   | 175 |
| 4.1.2. Resultados respecto al objetivo específico N° 02.....   | 175 |
| 4.1.3. Resultados respecto al objetivo específico N° 03.....   | 177 |
| 4.1.4. Resultados respecto al objetivo General.....  | 179 |
| CAPITULO V .....   | 181 |
| DISCUSIÓN.....   | 181 |
| 5.1. Contraste de los resultados obtenidos respecto a los antecedentes o con referentes del marco teórico .. | 181 |
| 5.2. Interpretación de los resultados encontrados en la investigación .....                                  | 182 |
| 5.3. Comentario de la demostración de la hipótesis.....  | 184 |
| CONCLUSIONES .....   | 185 |
| RECOMENDACIONES .....  | 186 |
| REFERENCIAS.....   | 187 |
| APENDICE .....   | 189 |
| CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL RUGOSÍMETRO MERLÍN.....   | 189 |
| ANEXO I: PANEL FOTOGRAFICO .....   | 192 |
| ANEXO II: PLANOS .....   | 198 |
| MATRIZ DE CONSISTENCIA.....  | 208 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1 Factor de ajuste por ancho de carril .....  | 11  |
| Tabla 2 Factor de Ajuste por densidad de punto de acceso .....  | 11  |
| Tabla 3 Factor de ajuste por tipo de terreno, demanda, terreno llano, ondulado y pendientes   | 13  |
| Tabla 4 Factor de ajuste grado de inclinación ATS (Fg,ATS) .....  | 14  |
| Tabla 5 Vehículos de carga liviana similares a camiones y vehículos de carga liviana en áreas planas, con elevaciones suaves y pendientes particulares.. .. | 15  |
| Tabla 6 Equivalencia de vehículos de pasajeros para camiones en pendientes específicas ....   | 16  |
| Tabla 7 Vehículos de pasajeros comparables a vehículos de recreo en una pendiente determinada.....  | 16  |
| Tabla 8 Los automóviles de transporte de pasajeros (ATP) son iguales a los camiones que viajan a la velocidad máxima permitida en una pendiente. ....       | 1   |
| Tabla 9 Factor de ajuste por % no rebasar para determinar ATS .....   | 3   |
| Tabla 10 Factor de ajuste por tipo de terreno para determinar PTSF .....  | 4   |
| Tabla 11 Factor de ajuste para mejoras específicas .....  | 5   |
| Tabla 12 Equivalencias para camiones como para vehículos recreativos en terreno llano y ondulado.....   | 5   |
| Tabla 13 Equivalencias para camiones y vehículos recreativos circulando en rampas específicas .....   | 6   |
| Tabla 14 PTSF coeficiente para uso en la ecuación 2-10 .....  | 7   |
| Tabla 15 Factor de ajuste de no rebasar o adelantamiento para determinar el PTSF .....  | 8   |
| Tabla 16 Tabla de precisión requerida para los dispositivos de referencia .....   | 18  |
| Tabla 17 Tabla de Clasificación de equipos de medición IRI de pavimento.....  | 20  |
| Tabla 18 Tabla de Desviaciones Estándares de Velocidades Instantáneas para Determinar el Tamaño de la Muestra y Sentido .....                               | 20  |
| Tabla 19 Tabla de Constantes Correspondientes al Nivel de Confianza .....   | 20  |
| Tabla 20 Tabla de Tramos a Evaluar de la Carretera Poroy - Izcuchaca.....   | 209 |
| Tabla 21 Tabla de Índice de Rugosidad por Tramos .....  | 70  |
| Tabla 22 Tabla de Velocidades Percentil 85 por Tramo.....   | 72  |
| Tabla 23 Tabla de Datos de la Rugosidad y Velocidad de la Vía.....  | 74  |
| Tabla 24 Tabla de Correlación de Velocidad y Rugosidad del Pavimento .....  | 75  |
| Tabla 25 Tabla de Condiciones de Disminución de Velocidad.....  | 75  |
| Tabla 26 Tabla de Disminución de la Velocidad por Efecto del Índice de Rugosidad .....  | 76  |





|  |    |
|--|----|
| Tabla 27 Tabla de Plan de Análisis de Datos .....  | 77 |
| Tabla 28 Tabla de Índice de Rugosidad de la Vía Poroy - Izcuchaca Incluye en el Nivel de Servicio.....               | 79 |
| Tabla 29 Tabla de Índice de Rugosidad Internacional.....   | 80 |
| Tabla 30 Tabla de Resultados de la Evaluación de Coeficiente de Correlación e Índice de Rugosidad .....              | 82 |
| Tabla 31 Tabla de Resultado de los Rangos de Reducción de Velocidad Mediante Índice de Rugosidad del Pavimento ..... | 83 |
| Tabla 32 Tabla de Disminución de la Velocidad por Efecto del Índice de Rugosidad .....                               | 84 |
| Tabla 33 Tabla de Resultados del Índice de Rugosidad y Nivel de Servicio .....                                       | 85 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1 Carretera Poroy – Izcuchaca.....  | 2   |
| Figura 2 Diagrama Metodologia para Carreteras de dos Carriles.....   | 2   |
| Figura 3 Representación de masa suspendida y no suspendida en el modelo del cuarto<br>automóvil .....  | 10  |
| Figura 4 Representación grafica de la influencia del IRI para diferentes longitudes de onda.   | 11  |
| Figura 5 Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para<br>diferentes tipos de vías.....                          | 15  |
| Figura 6 Recomendaciones del Transportation Research Board (TRB) para la selección de<br>valores máximos admisibles de IRI en función del TPDA ..... | 16  |
| Figura 7 Nivel Mira Topografía.....  | 21  |
| Figura 8 Dipstick.....   | 22  |
| Figura 9 Perfilógrafo California.....  | 22  |
| Figura 10 Equipos Tipo Respuesta (RTRRMS) .....  | 23  |
| Figura 11 Perfilómetro Inercial.....   | 23  |
| Figura 12 Resumen de las principales características de los equipos .....  | 24  |
| Figura 13 Mediciones de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la<br>cuerda promedio.....                                       | 255 |
| Figura 14 Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones<br>medidas en forma consecutiva .....                      | 26  |
| Figura 15 Tramo de la Carretera Poroy - Izcuchaca .....  | 68  |
| Figura 16 Formato de Recolección de Campo Medición de la Rugosidad con Merlín .....  | 70  |
| Figura 17 Formato de Recolección de Camopo Medición de Velocidad .....   | 72  |
| Figura 18 Indice de Rugosidad por Tramos.....  | 80  |
| Figura 19 IRI Versus Velocidad .....   | 81  |



## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Identificación del Problema

##### 1.1.1. Descripción del Problema

La calidad de las carreteras y la infraestructura de una región son factores determinantes en su desarrollo productivo. Se emplean diversos métodos para evaluar las condiciones de estos elementos. (IRI) (Álvarez & Rivero, 2012).

“Cuando se refiere al tipo de evaluación funcional, la rugosidad de la superficie de rodadura nos da condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios de las carreteras. Además, la rugosidad tiene consecuencias en los costos de operación de los vehículos, ya que mucho depende de la magnitud de las irregularidades superficiales: la velocidad de circulación de vehículos puede afectar negativamente, puede aumentar el desgaste en las llantas y el consumo de combustible. Por otro lado, los efectos dinámicos producidos por las irregularidades de las carreteras, pueden reflejarse no sólo en los vehículos, sino también en modificaciones de estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura del pavimento que puede favorecer el deterioro y el consecuente aumento en los costos en las actividades de conservación y rehabilitación” (Lloclla Huaychao & Sánchez Hurtado, 2019, pág. 1)

El área geográfica de influencia comprende la carretera Poroy – Izcuchaca, como se muestra en a figura (1). La carretera se encuentra ubicada en:

- Departamento : Cusco
- Provincia : Anta.
- Distrito : Anta.

Es una red vial Nacional, teniendo un Índice Medio Diario Anual (IMDA), según clasificación vehicular y participación porcentual de Índice Medio Diario Anual (IMDA), Estación E057 km 946 a la altura de la localidad de Pucyura coordenadas - 72.10746, -13.4812 año 2010 siendo un total de 3623 (Ministerio de transportes y Comunicaciones, 2022), siendo su clasificador vehicular una carretera de Segunda Clase y su clasificador por orografía es un terreno plano tipo 1.



**Figura 1**

*Carretera Poroy – Izcuchaca*



Fuente: Google Earth

### **1.1.2. Formulación interrogativa del problema**

#### **1.1.2.1 Formulación interrogativa del problema general**

¿Cuál es la influencia del índice de rugosidad en la velocidad y del nivel de servicio de la vía Poroy-Izcuchaca?

#### **1.2.2.2 Formulación interrogativa de los problemas específicos**

##### **Problema Específico N° 01.**

¿Cuánto influye el Índice de Rugosidad de la vía Poroy – Izcuchaca en el nivel de servicio?

##### **Problema Específico N° 02.**

¿Cuánto es la rugosidad de la superficie en la vía Poroy - Izcuchaca?

##### **Problema Específico N° 03.**

¿Cuál es el nivel de correlación estadística de los factores velocidad e Índice de Rugosidad?



## 1.2. Justificación e importancia de la investigación

### 1.2.1. Justificación por relevancia

La investigación es de gran relevancia, ya que tiene como objetivo comprender el efecto que el Índice de Rugosidad Internacional tiene en el nivel de servicio.

### 1.2.2. Justificación por viabilidad

La presente investigación fue viable ya que se contó con los recursos necesarios para realizarla (Normas, instrumentos, etc.)

### 1.2.3. Justificación técnica

La investigación pertenece al área de Transportes de la Ingeniería Civil, así mismo se aplicó el HCM 6ta edición, también conocido como manual de capacidad vial americano, nos permite realizar ajustes necesarios y utilizar su procedimiento para calcular un factor de reducción de velocidad vehicular basado en Índice de Rugosidad, adaptándolo a las características específicas de la carretera.

### 1.2.4. Justificación social

Se justifica socialmente ya que el aporte de esta investigación beneficiará a las poblaciones en el entorno de la carretera Poroy-Izcuchaca ya que mejorará el servicio de esta vía.

## 1.3. Delimitación de la Investigación

- La investigación se limitó a la carretera Poroy – Izcuchaca.
- La tesis se limitó al uso de la metodología de capacidad vial del manual HCM 6ta edición la cual está recomendada por el manual de diseño geométrico peruano DG-2018, como una metodología afectada por las normas peruanas, cuya práctica se da en todo el continente americano.
- El método contempló la evaluación del Índice de Rugosidad Internacional y Nivel de Servicio.
- La presente investigación se limita en once (11) tramos de características geométricas semejantes en la ruta Poroy - Izcuchaca.
- La presente investigación se limita a la distancia de 11 kilómetros ruta Poroy - Izcuchaca.





- La presente investigación se limita al estudio vehicular y al índice de rugosidad de cada tramo de la ruta Poroy -Izcuchaca.
- La presente investigación se limita al análisis de los niveles de servicio con la metodología del HCM 6ta edición.
- La presente investigación se limita a carreteras de Clase III, que tienen altas velocidades, volumen vehicular combinado (viajeros y locales) y zonas con mayor actividad alrededor.

#### **1.4. Objetivo de la investigación**

##### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar la influencia del Índice de rugosidad en la velocidad y de nivel de servicio de la vía Poroy-Izcuchaca

##### **1.4.2 Objetivos específicos**

###### **Objetivo Específico N° 01**

Determinar la influencia del Índice de rugosidad de la vía Poroy-Izcuchaca en el nivel de servicio.

###### **Objetivo Específico N° 02**

Determinar la rugosidad de superficie en la vía Poroy-Izcuchaca

###### **Objetivo Específico N° 03**

Determinar el nivel de correlación estadístico de los factores de velocidad e índice de rugosidad.



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO DE LA TESIS

#### 2.1. Antecedentes de la Tesis

##### 2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional

###### Primer Antecedente Nacional

David Vidal Asencio (2016), “Medición y comparación de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de Huánuco: mediante Smartphone y un método tradicional”, Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima.

En dicha tesis se presenta una metodología para calcular el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), utilizando la aplicación móvil Roadroid. Esta aplicación permite examinar el estado de las carreteras y se utiliza para evaluar la vía de la ciudad de Huancayo y sus alrededores. En la cual se destacan las ventajas de la aplicación y se comparan los resultados obtenidos con las condiciones observada en campo. Los resultados revelaron que la calzada de Huancayo presenta un IRI promedio de 5.96, la carretera “Colectora” tiene un IRI de 6.6 y el tramo de la carretera Huancayo a Tingo María con 5,85 de IRI. Por otro lado, la calzada de la carretera hacia el aeropuerto – Cueva de la Lechuzas tiene un IRI promedio de 1.64 y 1.8 respectivamente.

Además, se encontró que tanto el cIRI (Índice de Rugosidad en condiciones controladas) como el eIRI (Índice de Rugosidad en condiciones de campo) presentan similitudes y exhiben una relación lineal cuando las velocidades son iguales o superiores a 67 km/h. Por último, se observó que la aplicación Roadroid proporciona valores de eIRI y cIRI similares al IRI obtenido mediante el uso de una mira y nivel, pero con una precisión mayor.

Por último, se notó que el Roadroid arroja valores de eIRI y cIRI similares al IRI obtenido utilizando una mira y nivel, como un desempeño superior.

###### Segundo Antecedente Nacional

Deyse Laura Hirpahuanca (2016), “Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco-Urcos, usando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de merlín – 2016”, Universidad Andina Del Cusco, Cusco.



Dicha tesis calculo el porcentaje de similitud entre los resultados de la medición del IRI del pavimento en la carretera Cusco – Urcos. Se utilizaron aplicaciones de Roadroid y el Rugosímetro de Merlín, se evaluó la serviciabilidad del pavimento. Dichos Equipos miden la IRI de los pavimentos; pero la equipo de Roadroid se presenta como una herramienta nueva, mientras que el Rugosímetro de Merlín es un equipo de amplio conocimiento en nuestra Región. Según el Banco Mundial, es último se caracteriza por ser uno de los equipo más precisos y recomendados.

En la tesis de llevó a cabo la medición del IRI superficial de la carretera Cusco – Urcos utilizando tanto el equipo de Roadroid como el Rugosímetro de Merlín y se llegó a la conclusión que la herramienta de Roadroid mostro una similitud del 89% en comparación con el rugosímetro de Merlín, esto implica que el equipo Roiadroid es una herramienta eficiente para determinar el IRI de los pavimentos ya que proporciona datos de manera rápida y precisa; además permite estudiar tramos más extensos en menor tiempo y con menos recursos, a diferencia del rugosímetro de Merlín que es un equipo de bajo rendimiento, tanto en la toma de datos como en gabinete.

#### Tercer Antecedente Nacional

José Demetrio Sologorre Huayta (2005) “Evaluación de la rugosidad de pavimentos con uso del bump integrator”, Universidad Nacional De Ingeniería, Lima.

La tesis ofrece una breve introducción que explica de manera resumida los diversos estudios involucrados en un proyecto de carreteras y la importancia de datos del IRI para los estudios de gestión de carreteras; además se presenta la parte teórica e histórica que fundamenta este tipo de estudios, centrándose en la serviciabilidad y el IRI y también se describe el Bump Integrador y los componentes del sistema; así como se centra en la gran importancia de la calibración del sistema utilizado y así como el uso del equipo Nivel y Mira, y por último la aplicación de la metodología presentada en la tesis; por ejemplo el estudio de la rugosidad de la carretera Casma – Trujillo, que abarca una distancia de 187 km y se considera un caso típico para un proyecto de rehabilitación, se incluye temas complementarios tomados del proyecto del Sistema de Gestión de carreteras.



### 2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional

#### Primer antecedente Internacional

Juan Carlos Onofre Calderón, Julio César Sánchez Pérez, Walter Santiago Viana (2008), “Determinación del índice de rugosidad internacional de pavimentos usando el perfilómetro rondas z-250”, Universidad De El Salvador, El Salvador.

La siguiente tesis de investigación denominado “DETERMINACIÓN DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN PAVIMENTOS USANDO EL PERFILOMETRO RONDAS Z-250”, explica sobre el estudio de Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de los pavimentos, principalmente los de concreto asfáltico; además se profundiza en la nivelación, calibración y puesta en marcha del equipo ROMDAS Z-250 para la toma de datos que se necesitaran para la obtención del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), el cual se hallara con el apoyo de programas de análisis de perfiles de rodadura.

Además, el objetivo de la tesis es obtener el IRI en pavimentos asfálticos usando Romdas z-250, obteniendo resultados del IRI de 2.68 m/km y 1.87 m/km el cual indica un manejo confortable a velocidades mayores a 120 km/h.

La tesis llega una conclusión de que el Perfilómetro Rondas Z-250, es un equipo que permite hacer mediciones de perfil con precisión de 0.1 mm lo cual es un perfilómetro de Clase 1, lo que garantiza tener valores de IRI muy precisos.

#### Segundo antecedente Internacional

Mohammed Junaid Uddin (2015), “Pavement performance measures using Android based smartphone application” Universidad de Osmania de la India.

El objetivo de la tesis de Maestría es medir el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento en la ciudad de Hyderabad, una ciudad de la India, utilizando la tecnología del teléfono inteligente basado en un Android, donde indica que la rugosidad es un importante indicador de la condición del pavimento, los cuales deben ser considerados cuidadosamente al evaluar pavimentos nuevos; puesto que al realizar ensayos con velocidades por debajo de los 20km/h los datos que proporciona el teléfono inteligente basado en un Android ya no son confiables.



Llegando a la conclusión de que la longitud para hallar el IRI promedio debe ser cada 100m, además concluyó que manejar el vehículo a una velocidad constante de 50 km/h es adecuada para la obtención del IRI. Aspectos Teóricos Pertinentes.

[Onofre, Juan; Sánchez, Julio; Santiago, Walter (2008) de la Universidad del Salvador – El Salvador en su tesis “Determinación del índice de rugosidad internacional de pavimento usando el Perfilómetro Romdas Z-250”

Trata sobre el estudio de la Índice de Rugosidad Internacional (IRI) superficial de los pavimentos específicamente los de concreto asfáltico; además se profundiza en la nivelación, calibración y puesta en marcha del equipo Romdas Z-250, para la recolección de datos que se usaran en la obtención del índice de rugosidad internacional (IRI), el cual se determina con la ayuda de programas de análisis de perfiles de rodadura

La conclusión alcanzada es que, según los datos obtenidos en el tramo del pavimento del boulevard Luis Poma, que registró un valor de 2.68 m/km, y en la carretera a Santa Ana, que registró un valor de 1.87 m/km, ambas vías se encuentran en excelentes condiciones para el tránsito vehicular. Esta evaluación se basa en la estimación de la rugosidad de carreteras según la norma ASTM E-1926-98, la cual indica que permite un manejo confortable a velocidades superiores a 120 km/h.

## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. HCM Highway Capacity Manual – Carreteras de dos carriles

El HCM 2010 detalla cómo es su análisis operacional:

- Segmentos direccionales en terreno en general (llano u ondulado).
- Segmentos direccionales en grados específicos (rampa o pendientes específicas).
- Segmentos direccionales dotados de carriles para camión o circulación lenta.

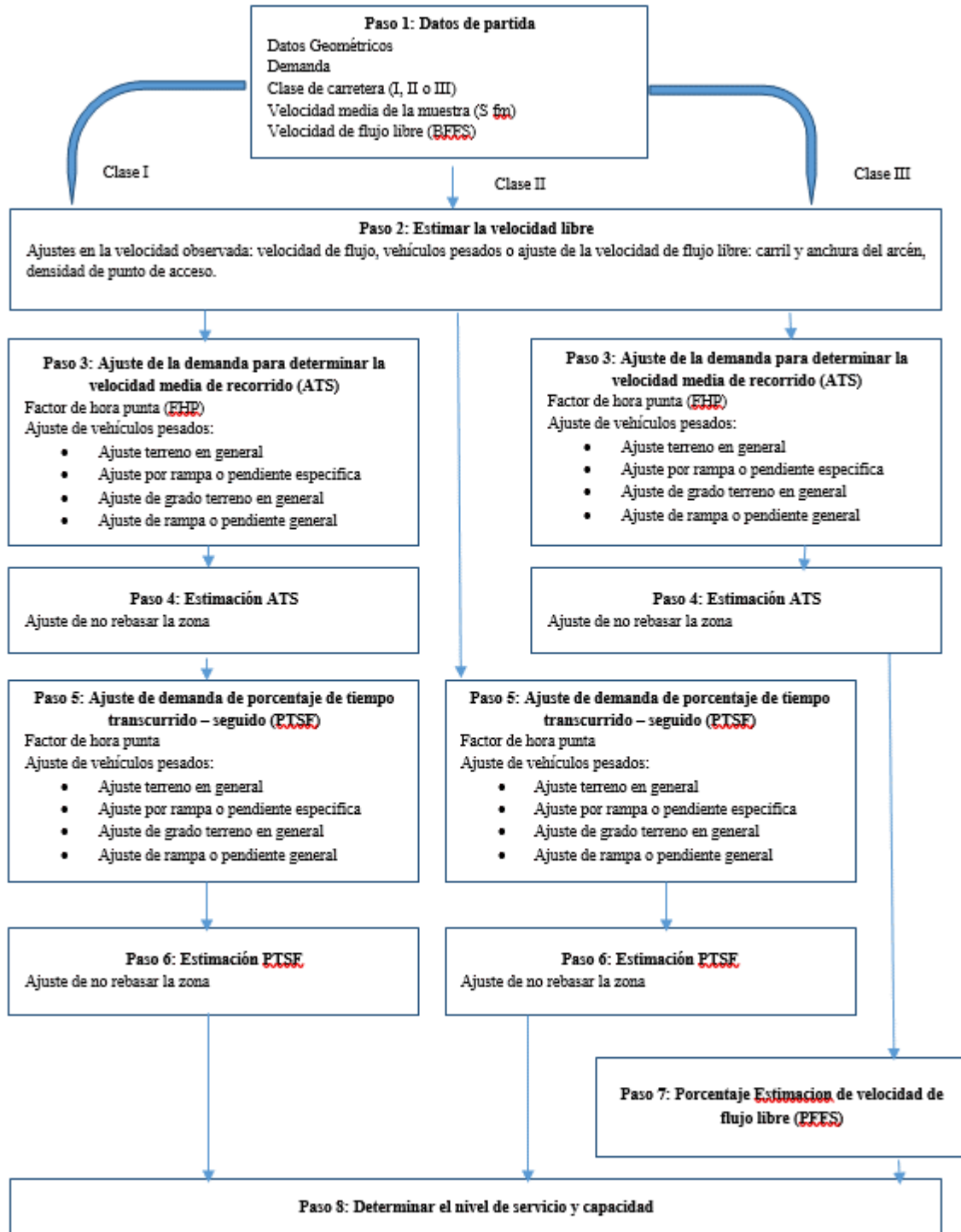
Esta metodología se utiliza directamente para hallar el nivel de servicio en un segmento mediante la estimación de las medidas de eficacia direccional uniforme que define el nivel de servicio (ATS, PTSF y PFFS). (Transportation Research Board, 2010).

En el diagrama se muestra los pasos básicos que nos proporciona el HCM 2010:



Figura 2

Diagrama metodología para carreteras de dos carriles



Metodología para carreteras de dos carriles (Fuente: Manual de Capacidad de carreteras HCM 2010)



### a. Determinación de la Velocidad de Flujo libre (FFS)

Para el análisis existen tres maneras de estimar la velocidad de flujo libre:

#### 1. El campo de medición directa

Lo más recomendable consiste en realizar el análisis en un lugar mismo. Se necesita llevar a cabo el análisis en una única dirección; en caso de que ambas direcciones requieran un análisis, se debe tomar mediciones por separado para cada cálculo. Cada cálculo debe estar basado en una muestra aleatoria de al menos 100 velocidad. Si la cantidad de vehículos en a ambos sentidos no excede los 100 vehículos por hora se considera viable. (Transportation Research Board, 2010)

#### 2. Velocidad de campo en mayores tasas de flujo

En algunas vías, es difícil o poco probable encontrar volúmenes de tráfico inferiores a 200 vehículos por hora. Por lo tanto, se puede tomar una muestra de velocidad en flujos más altos y ajustarla. Cada dirección de tráfico se evalúa por separado, y se ajusta la velocidad promedio medida utilizando la ecuación 1 después de cada muestra direccional. (Transportation Research Board, 2010)

$$FFS = S_{FM} + 0.00776 \frac{V}{F_{HV,ATS}} \quad 2-1$$

Dónde:

$FFS$  = Velocidad de flujo libre (mi/h)

$F_{HV,ATS}$  = Factor de ajuste de vehículos pesados para ATS

$V$  = Velocidad de flujo de la demanda total, ambas direcciones, durante el periodo que se tomó la muestra de velocidades (veh/h)

$S_{FM}$  = Velocidad media de la muestra ( $V > 200$  veh/h), en mi/h

#### 3. Mediante Estimación

La velocidad de circulación sin obstáculos puede ser calculada de manera indirecta en caso de no contar con información de campo disponible, en las carreteras que abarcan un amplio espectro, desde los 45 mi/h hasta un máximo de 70 mi/h. La base velocidad de flujo libre (BFFS) podría ser un estimado aceptable de la velocidad de diseño de la vía, porque se basa principalmente en una alineación horizontal y vertical, una evaluación inmediata de BFFS puede considerarse el límite de la velocidad más 10 mi/h. (Transportation Research Board, 2010).



$$FFS = BFFS - F_{LS} - F_{UN} \quad 2-2$$

Dónde:

$F_{LS}$  = Factor de ajuste por ancho de carril y arcén (mi/h)

FFS = Velocidad de flujo libre (mi/h)

$F_{UN}$  = Factor de ajuste para la densidad de punto de acceso (mi/h)

BFFS = Velocidad de flujo libre base (mi/h)

En cuanto a la fórmula 2, se dispone de la tabla 2 que son los factores de ajuste de arcén y ancho de ruta y para densidad de accesos se tiene la tabla 3

**Tabla 1**

*Factor de ajuste por ancho de carril*

| Ancho de ruta (pie) | Anchura del arcén (pies) |              |              |          |
|---------------------|--------------------------|--------------|--------------|----------|
|                     | $\geq 0 < 2$             | $\geq 2 < 4$ | $\geq 4 < 6$ | $\geq 6$ |
| $\geq 9 < 10$       | 6.4                      | 4.8          | 3.5          | 2.2      |
| $\geq 10 < 11$      | 5.3                      | 3.7          | 2.4          | 1.1      |
| $\geq 11 < 12$      | 4.7                      | 3.0          | 1.7          | 0.4      |
| $\geq 12$           | 4.2                      | 2.6          | 1.3          | 0.0      |

Nota: Se interpola al valor más próximo a 0.1 como recomienda el HCM (Fuente: Transportation Research Board)

**Tabla 2**

*Factor de Ajuste por densidad de punto de acceso*

| Acceso por milla (ambos sentidos) | Disminución de la FFS (mi/h) |
|-----------------------------------|------------------------------|
| 0                                 | 0.0                          |
| 10                                | 2.5                          |
| 20                                | 5.0                          |
| 30                                | 7.5                          |
| 40                                | 10.0                         |

Nota: Se interpola al valor más próximo a 0.1 como recomienda según el HCM (Fuente: Transportation Research Board)

El valor podría ser diferente en cada dirección si la FFS se mide en campo. (Transportation Research Board, 2010)



#### 4. Ajuste de la Demanda de la velocidad promedio de viaje (ATS)

Se utiliza en vías de categoría I y III, aunque en el caso de las vías de categoría II no se considera la velocidad media de circulación ATS. Las cantidades de tráfico en ambas direcciones deben ajustarse en para lograr tasas de flujo similares a las indicada en la ecuación (2-3). (Transportation Research Board, 2010).

$$V_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{g,ATS} \times f_{HV,ATS}} \quad 2-3$$

Dónde:

$i$  = d (análisis de dirección) o "o" (sentido contrario)

$f_{g,ATS}$  = Factor de ajuste por tipo de terreno

$f_{HV,ATS}$  = Factor de ajuste por vehículos pesado

$V_{i,ATS}$  = Demanda en el tiempo de estudio para situaciones base correspondiente a cada sentido para estimación ATS (veh lig/h)

$V_i$  = Volumen de demanda en la dirección  $i$  (veh/h)

#### 5. Factor Hora Punta (FHP)

El concepto de hora pico, de acuerdo con el Manual de Capacidades de Carreteras (HCM) 2010, se refiere al cambio en el tráfico vehicular durante el período de tiempo analizado. Este concepto se basa en la necesidad de considerar las velocidades de tráfico en un intervalo de 15 minutos, el cual no necesariamente coincide con la hora pico. Si las tasas de tráfico para ese intervalo de 15 minutos han sido claramente medidas, el factor de hora pico (FHP) en la ecuación 2-3 debe ser igual a 1. (Transportation Research Board, 2010)

#### 6. Factor de ajuste para determinar ATS

El factor de ajuste de grado  $f_{g,ATS}$  depende del terreno, los factores se definen como:

- Rampas específicas.
- Pendientes específicas.
- Segmentos largos ( $\geq 2$  min) del terreno plano.
- Segmentos largos ( $\geq 2$  min) del terreno ondulado.



Cualquier inclinación de al menos 3% y una longitud de al menos 0.6 millas debe ser considerada como rampa o pendiente, según corresponda (Transportabilidad Reserch Booard, 2010). En la tabla 4 se puede ver el factor de corrección para rampas y pendientes

**Tabla 3**

*Factor de ajuste por tipo de terreno, demanda, terreno llano, ondulado y pendientes*

| One-Direction<br>Demand Flow Rate, $V_{vph}$<br>(veh/h) | Adjustment Factor                        |                 |
|---|--|-----------------|
|   | Level Terrain and<br>Specific Downgrades | Rolling Terrain |
| ≤100  | 1.00                                     | 0.67            |
| 200   | 1.00                                     | 0.75            |
| 300   | 1.00                                     | 0.83            |
| 400   | 1.00                                     | 0.90            |
| 500   | 1.00                                     | 0.95            |
| 600   | 1.00                                     | 0.97            |
| 700   | 1.00                                     | 0.98            |
| 800   | 1.00                                     | 0.99            |
| ≥900  | 1.00                                     | 1.00            |

*Nota: Se interpola al valor más próximo a 0.1 como recomienda el HCM (Fuente: Transportation Research Board)*

Para calcular la solicitud durante el período de evaluación, es necesario dividir por el FHP al expresar la solicitud como un volumen por hora. ( $V_{vph} = V/FHP$ ). (Transportation Research Board, 2010)

**7.** Coeficiente de calibración de vehículos de gran tamaño para establecer la velocidad media de desplazamiento (ATS).

De acuerdo al HCM 2010 las condiciones base o ideales para carreteras de dos carriles incluye que el 100% del flujo de tránsito se vehículos de pasajeros, sin embargo, existen vehículos pesados en el transito que reduce el ATS.



Tabla4

Nota: Se interpola al valor más próximo a 0.1 como recomienda el HCM (Fuente: Transportation Research Board)

| Grado (%)  | Grado de cuerpo entero (m) | La demanda de dirección de caudal $V_{dir}$ (veh/h) |      |      |      |      |      |      |      |       |
|------------|----------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|-------|
|            |                            | ≤ 100   | 200  | 300  | 400  | 500  | 600  | 700  | 800  | ≥ 900 |
| ≥ 3 <3,5   | 0.25                       | 0,78  | 0,84 | 0,87 | 0,91 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00  |
|            | 0.50                       | 0,75  | 0,83 | 0,86 | 0,90 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00  |
|            | 0.75                       | 0,73  | 0,81 | 0,85 | 0,89 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00  |
|            | 1.00                       | 0,73  | 0,79 | 0,83 | 0,88 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00  |
|            | 1.50                       | 0,73  | 0,79 | 0,83 | 0,87 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00  |
|            | 2.00                       | 0,73  | 0,79 | 0,82 | 0,86 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 1,00 | 1,00  |
|            | 3.00                       | 0,73  | 0,78 | 0,82 | 0,85 | 0,95 | 0,96 | 0,96 | 0,97 | 0,98  |
| ≥ 4.00     | 0,73                       | 0,78  | 0,81 | 0,85 | 0,94 | 0,94 | 0,95 | 0,95 | 0,96 |       |
| ≥ 3,5 <4,5 | 0.25                       | 0,75  | 0,83 | 0,86 | 0,90 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00  |
|            | 0.50                       | 0,72  | 0,80 | 0,84 | 0,88 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00  |
|            | 0.75                       | 0,67  | 0,77 | 0,81 | 0,86 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00  |
|            | 1.00                       | 0,65  | 0,73 | 0,77 | 0,81 | 0,94 | 0,95 | 0,97 | 1,00 | 1,00  |
|            | 1.50                       | 0,63  | 0,72 | 0,76 | 0,80 | 0,93 | 0,95 | 0,96 | 1,00 | 1,00  |
|            | 2.00                       | 0,62  | 0,70 | 0,74 | 0,79 | 0,93 | 0,94 | 0,96 | 1,00 | 1,00  |
|            | 3.00                       | 0,61  | 0,69 | 0,74 | 0,78 | 0,92 | 0,93 | 0,94 | 0,98 | 1,00  |
| ≥ 4.00     | 0,61                       | 0,69  | 0,73 | 0,78 | 0,91 | 0,91 | 0,92 | 0,96 | 1,00 |       |
| ≥ 4,5 <5,5 | 0.25                       | 0,71  | 0,79 | 0,83 | 0,88 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00  |
|            | 0.50                       | 0,60  | 0,70 | 0,74 | 0,79 | 0,94 | 0,95 | 0,97 | 1,00 | 1,00  |
|            | 0.75                       | 0,55  | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,91 | 0,93 | 0,95 | 1,00 | 1,00  |
|            | 1.00                       | 0,54  | 0,64 | 0,69 | 0,74 | 0,91 | 0,93 | 0,95 | 1,00 | 1,00  |
|            | 1.50                       | 0,52  | 0,62 | 0,67 | 0,72 | 0,88 | 0,90 | 0,93 | 1,00 | 1,00  |
|            | 2.00                       | 0,51  | 0,61 | 0,66 | 0,71 | 0,87 | 0,89 | 0,92 | 0,99 | 1,00  |
|            | 3.00                       | 0,51  | 0,61 | 0,65 | 0,70 | 0,86 | 0,88 | 0,91 | 0,98 | 0,99  |
| ≥ 4.00     | 0,51                       | 0,60  | 0,65 | 0,69 | 0,84 | 0,86 | 0,88 | 0,95 | 0,97 |       |
| ≥ 5,5 <6,5 | 0.25                       | 0,57  | 0,68 | 0,72 | 0,77 | 0,93 | 0,94 | 0,96 | 1,00 | 1,00  |
|            | 0.50                       | 0,52  | 0,62 | 0,66 | 0,71 | 0,87 | 0,90 | 0,92 | 1,00 | 1,00  |
|            | 0.75                       | 0,49  | 0,57 | 0,62 | 0,68 | 0,85 | 0,88 | 0,90 | 1,00 | 1,00  |
|            | 1.00                       | 0,46  | 0,56 | 0,60 | 0,65 | 0,82 | 0,85 | 0,88 | 1,00 | 1,00  |
|            | 1.50                       | 0,44  | 0,54 | 0,59 | 0,64 | 0,81 | 0,84 | 0,87 | 0,98 | 1,00  |
|            | 2.00                       | 0,43  | 0,53 | 0,58 | 0,63 | 0,81 | 0,83 | 0,86 | 0,97 | 0,99  |
|            | 3.00                       | 0,41  | 0,51 | 0,56 | 0,61 | 0,79 | 0,82 | 0,85 | 0,97 | 0,99  |
| ≥ 4.00     | 0,40                       | 0,50  | 0,55 | 0,61 | 0,79 | 0,82 | 0,85 | 0,97 | 0,99 |       |
| ≥ 6.5      | 0.25                       | 0,54  | 0,64 | 0,68 | 0,73 | 0,88 | 0,90 | 0,92 | 1,00 | 1,00  |
|            | 0.50                       | 0,43  | 0,53 | 0,57 | 0,62 | 0,79 | 0,82 | 0,85 | 0,98 | 1,00  |
|            | 0.75                       | 0,39  | 0,49 | 0,54 | 0,59 | 0,77 | 0,80 | 0,83 | 0,96 | 1,00  |
|            | 1.00                       | 0,37  | 0,45 | 0,50 | 0,54 | 0,74 | 0,77 | 0,81 | 0,96 | 1,00  |
|            | 1.50                       | 0,35  | 0,45 | 0,49 | 0,54 | 0,71 | 0,75 | 0,79 | 0,96 | 1,00  |
|            | 2.00                       | 0,34  | 0,44 | 0,48 | 0,53 | 0,71 | 0,74 | 0,78 | 0,94 | 0,99  |
|            | 3.00                       | 0,34  | 0,44 | 0,48 | 0,53 | 0,70 | 0,73 | 0,77 | 0,93 | 0,98  |
| ≥ 4.00     | 0,33                       | 0,43  | 0,47 | 0,52 | 0,70 | 0,73 | 0,77 | 0,91 | 0,95 |       |

Nota: Se interpola al valor más próximo a 0.1 como recomienda el HCM (Fuente: Transportation Research Board)



**Tabla 5**

*Vehículos de carga liviana similares a camiones y vehículos de carga liviana en áreas planas, con elevaciones suaves y pendientes particulares.*

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{veh}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades | Rolling Terrain |
|---------------|---|---------------------------------------|-----------------|
| Trucks, $E_T$ | ≤100  | 1.9                                   | 2.7             |
|               | 200   | 1.5                                   | 2.3             |
|               | 300   | 1.4                                   | 2.1             |
|               | 400   | 1.3                                   | 2.0             |
|               | 500   | 1.2                                   | 1.8             |
|               | 600   | 1.1                                   | 1.7             |
|               | 700   | 1.1                                   | 1.6             |
|               | 800   | 1.1                                   | 1.4             |
|               | ≥900  | 1.0                                   | 1.3             |
| RVs, $E_R$    | All flows                                       | 1.0                                   | 1.1             |

Nota: Se interpola al valor más próximo a 0.1 como recomienda el HCM (Fuente: Transportation Research Board)

- Para establecer el ajuste de vehicular de gran tamaño, se llevan a cabo dos procedimientos de acuerdo con el HCM 2010.
- Se determinan los vehículos de peso ligero que equivalen a camiones ( $E_T$ ) y vehículos recreativos ( $E_R$ ) en condiciones ideales.
- El ajuste se calcula utilizando el número de vehículos livianos o de pasajeros, como se muestra en la ecuación 2-4.

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad 2-4$$

Dónde:

$f_{HV,ATS}$  = Factor de ajuste de vehículos pesados para la estimación de ATS

$P_T$  = Proporción de camiones en la corriente del tránsito (un decimal)

$P_R$  = Proporción de RVs existentes en la corriente del tránsito (un decimal)

$E_T$  = Vehículos ligeros equivalente a camiones

$E_R$  = Vehículos ligero equivalente a RVs





**Tabla 6**

*Equivalencia de vehículos de pasajeros para camiones en pendientes específicas*

| Grade (%) | Grade Length (mi) | Directional Demand Flow Rate, $v_{\text{veh}}$ (veh/h) |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|-------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           |                   | ≤100   | 200  | 300  | 400  | 500  | 600  | 700  | 800  | ≥900 |
| ≥3 <3.5   | 0.25              | 2.6  | 2.4  | 2.3  | 2.2  | 1.8  | 1.8  | 1.7  | 1.3  | 1.1  |
|           | 0.50              | 3.7  | 3.4  | 3.3  | 3.2  | 2.7  | 2.6  | 2.6  | 2.3  | 2.0  |
|           | 0.75              | 4.6  | 4.4  | 4.3  | 4.2  | 3.7  | 3.6  | 3.4  | 2.4  | 1.9  |
|           | 1.00              | 5.2  | 5.0  | 4.9  | 4.9  | 4.4  | 4.2  | 4.1  | 3.0  | 1.6  |
|           | 1.50              | 6.2  | 6.0  | 5.9  | 5.8  | 5.3  | 5.0  | 4.8  | 3.6  | 2.9  |
|           | 2.00              | 7.3  | 6.9  | 6.7  | 6.5  | 5.7  | 5.5  | 5.3  | 4.1  | 3.5  |
|           | 3.00              | 8.4  | 8.0  | 7.7  | 7.5  | 6.5  | 6.2  | 6.0  | 4.6  | 3.9  |
|           | ≥4.00             | 9.4  | 8.8  | 8.6  | 8.3  | 7.2  | 6.9  | 6.6  | 4.8  | 3.7  |
| ≥3.5 <4.5 | 0.25              | 3.8  | 3.4  | 3.2  | 3.0  | 2.3  | 2.2  | 2.2  | 1.7  | 1.5  |
|           | 0.50              | 5.5  | 5.3  | 5.1  | 5.0  | 4.4  | 4.2  | 4.0  | 2.8  | 2.2  |
|           | 0.75              | 6.5  | 6.4  | 6.5  | 6.5  | 6.3  | 5.9  | 5.6  | 3.6  | 2.6  |
|           | 1.00              | 7.9  | 7.6  | 7.4  | 7.3  | 6.7  | 6.6  | 6.4  | 5.3  | 4.7  |
|           | 1.50              | 9.6  | 9.2  | 9.0  | 8.9  | 8.1  | 7.9  | 7.7  | 6.5  | 5.9  |
|           | 2.00              | 10.3   | 10.1 | 10.0 | 9.9  | 9.4  | 9.1  | 8.9  | 7.4  | 6.7  |
|           | 3.00              | 11.4   | 11.3 | 11.2 | 11.2 | 10.7 | 10.3 | 10.0 | 8.0  | 7.0  |
|           | ≥4.00             | 12.4   | 12.2 | 12.2 | 12.1 | 11.5 | 11.2 | 10.8 | 8.6  | 7.5  |
| ≥4.5 <5.5 | 0.25              | 4.4  | 4.0  | 3.7  | 3.5  | 2.7  | 2.7  | 2.7  | 2.6  | 2.5  |
|           | 0.50              | 6.0  | 6.0  | 6.0  | 6.0  | 5.9  | 5.7  | 5.6  | 4.6  | 4.2  |
|           | 0.75              | 7.5  | 7.5  | 7.5  | 7.5  | 7.5  | 7.5  | 7.5  | 7.5  | 7.5  |
|           | 1.00              | 9.2  | 9.2  | 9.1  | 9.1  | 9.0  | 9.0  | 9.0  | 8.9  | 8.8  |
|           | 1.50              | 10.6   | 10.6 | 10.6 | 10.6 | 10.5 | 10.4 | 10.4 | 10.2 | 10.1 |
|           | 2.00              | 11.8   | 11.8 | 11.8 | 11.8 | 11.6 | 11.6 | 11.5 | 11.1 | 10.9 |
|           | 3.00              | 13.7   | 13.7 | 13.6 | 13.6 | 13.3 | 13.1 | 13.0 | 11.9 | 11.3 |
|           | ≥4.00             | 15.3   | 15.3 | 15.2 | 15.2 | 14.6 | 14.2 | 13.8 | 11.3 | 10.0 |
| ≥5.5 <6.5 | 0.25              | 4.8  | 4.6  | 4.5  | 4.4  | 4.0  | 3.9  | 3.8  | 3.2  | 2.9  |
|           | 0.50              | 7.2  | 7.2  | 7.2  | 7.2  | 7.2  | 7.2  | 7.2  | 7.2  | 7.2  |
|           | 0.75              | 9.1  | 9.1  | 9.1  | 9.1  | 9.1  | 9.1  | 9.1  | 9.1  | 9.1  |
|           | 1.00              | 10.3   | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.1 |
|           | 1.50              | 11.9   | 11.9 | 11.9 | 11.9 | 11.8 | 11.8 | 11.8 | 11.7 | 11.6 |
|           | 2.00              | 12.8   | 12.8 | 12.8 | 12.8 | 12.7 | 12.7 | 12.7 | 12.6 | 12.5 |
|           | 3.00              | 14.4   | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.3 | 14.3 | 14.3 | 14.2 | 14.1 |
|           | ≥4.00             | 15.4   | 15.4 | 15.3 | 15.3 | 15.2 | 15.1 | 15.1 | 14.9 | 14.8 |
| ≥6.5      | 0.25              | 5.1  | 5.1  | 5.0  | 5.0  | 4.8  | 4.7  | 4.7  | 4.5  | 4.4  |
|           | 0.50              | 7.8  | 7.8  | 7.8  | 7.8  | 7.8  | 7.8  | 7.8  | 7.8  | 7.8  |
|           | 0.75              | 9.8  | 9.8  | 9.8  | 9.8  | 9.8  | 9.8  | 9.8  | 9.8  | 9.8  |
|           | 1.00              | 10.4   | 10.4 | 10.4 | 10.4 | 10.4 | 10.4 | 10.4 | 10.3 | 10.2 |
|           | 1.50              | 12.0   | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 11.9 | 11.9 | 11.9 | 11.8 | 11.7 |
|           | 2.00              | 12.9   | 12.9 | 12.9 | 12.9 | 12.8 | 12.8 | 12.8 | 12.7 | 12.6 |
|           | 3.00              | 14.5   | 14.5 | 14.5 | 14.5 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.3 | 14.2 |
|           | ≥4.00             | 15.4   | 15.4 | 15.4 | 15.4 | 15.3 | 15.3 | 15.3 | 15.2 | 15.1 |

Nota: Se interpola al valor más próximo a 0.1 como recomienda el HCM (Fuente: Transportation Research Board)





**Tabla 7**

*Vehículos de pasajeros comparables a vehículos de recreo en una pendiente determinada.*

| Grade (%) | Grade Length (mi) | Directional Demand Flow Rate, $v_{pph}$ (veh/h) |     |     |     |     |     |     |     |      |
|-----------|-------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|           |                   | ≤100  | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | ≥900 |
| ≥3 <3.5   | ≤0.25             | 1.1   | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
|           | >0.25 ≤0.75       | 1.2   | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
|           | >0.75 ≤1.25       | 1.3   | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
|           | >1.25 ≤2.25       | 1.4   | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
| ≥3.5 <4.5 | >2.25             | 1.5   | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
|           | ≤0.75             | 1.3   | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
|           | >0.75 ≤3.50       | 1.4   | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
| ≥4.5 <5.5 | >3.50             | 1.5   | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
|           | ≤2.50             | 1.5   | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
| ≥5.5 <6.5 | >2.50             | 1.6   | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
|           | >2.50 ≤3.50       | 1.6   | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
|           | >3.50             | 1.6   | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1  |
| ≥6.5      | ≤2.50             | 1.6   | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
|           | >2.50 ≤3.50       | 1.6   | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3  |
|           | >3.50             | 1.6   | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4  |

Nota: Se interpola al valor más próximo a 0.1 como recomienda el HCM (Fuente: Transportation Research Board)

$$F_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_{TC} \times P_T (E_{TC} - 1) + (1 - P_{TC}) \times P_T \times (E_T - 1) + P_R (E_R - 1)} \quad 2.5$$

Dónde:

$P_{TC}$  = Proporción de camiones que operan a velocidad de arrastre

$E_{TC}$  = Vehículo de pasajeros equivalente a camiones que operan a velocidad límite, obtenido en la tabla 9.

Cuando ocurre esta situación, el coeficiente de adaptación vehicular pesado.  $F_{HV,ATS}$  se encuentra con la ecuación (2-5):

**Tabla 8**

*Los automóviles de transporte de pasajeros (ATP) son iguales a los camiones que viajan a la velocidad máxima permitida en una pendiente.*

| Difference Between FFS and Truck Crawl Speed (mi/h) | Directional Demand Flow Rate, $v_{pph}$ (veh/h) |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
|   | ≤100  | 200  | 300  | 400  | 500  | 600  | 700  | 800  | ≥900 |
| ≤15   | 4.7   | 4.1  | 3.6  | 3.1  | 2.6  | 2.1  | 1.6  | 1.0  | 1.0  |
| 20  | 9.9   | 8.7  | 7.8  | 6.7  | 5.8  | 4.9  | 4.0  | 2.7  | 1.0  |
| 25  | 15.1  | 13.5 | 12.0 | 10.4 | 9.0  | 7.7  | 6.4  | 5.1  | 3.8  |
| 30  | 22.0  | 19.8 | 17.5 | 15.6 | 13.1 | 11.6 | 9.2  | 6.1  | 4.1  |
| 35  | 29.0  | 26.0 | 23.1 | 20.1 | 17.3 | 14.6 | 11.9 | 9.2  | 6.5  |
| ≥40   | 35.9  | 32.3 | 28.6 | 24.9 | 21.4 | 18.1 | 14.7 | 11.3 | 7.9  |

Nota: Se interpola al valor más próximo a 0.1 como recomienda el HCM (Fuente: Transportation Research Board)



## 8. Estimación de Velocidad promedio de viaje (ATS)

De acuerdo al HCM 2010 la estimación de la velocidad promedio de viaje (ATS) en vías de clases I y III, mientras que en carreteras de clase II no se emplea ATS como indicador del nivel de servicio.

Se calcula la velocidad media de viaje (ATS) a partir de la velocidad de flujo contrario, la velocidad de flujo libre (FFS) y el porcentaje de no adelantamiento en la dirección del estudio. (Transportation Research Board, 2010). El ATS se calcula a partir de la ecuación 2 – 6.

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{wp,ATS} \quad 2-6$$

Dónde:

$ATS_d$  = Velocidad media de recorrido en el sentido analizado (mi/h)

FFS = Velocidad de flujo libre

$V_{d,ATS}$  = demanda bajo condiciones ideales para determinar ATS en el sentido analizado.

$V_{o,ATS}$  = demanda bajo condiciones ideales para determinar ATS en el sentido contrario

$F_{wp,ATS}$  = Factor de ajuste para la determinación ATS para el porcentaje de no rebasar en la dirección de análisis, este factor se encuentra en la tabla 10:



**Tabla 9**

*Factor de ajuste por % no rebasar para determinar ATS*

| Opposing Demand Flow Rate,<br>$v_o$ (pc/h) | Percent No-Passing Zones |     |     |     |     |
|--|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
|  | ≤ 20                     | 40  | 60  | 80  | 100 |
| <b>FFS ≥ 65 mi/h</b>                       |                          |     |     |     |     |
| ≤100                                       | 1.1                      | 2.2 | 2.8 | 3.0 | 3.1 |
| 200  | 2.2                      | 3.3 | 3.9 | 4.0 | 4.2 |
| 400  | 1.6                      | 2.3 | 2.7 | 2.8 | 2.9 |
| 600  | 1.4                      | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.0 |
| 800  | 0.7                      | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.8 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                      | 0.6                      | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 1,400                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| ≥1,600                                     | 0.6                      | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| <b>FFS = 60 mi/h</b>                       |                          |     |     |     |     |
| ≤100                                       | 0.7                      | 1.7 | 2.5 | 2.8 | 2.9 |
| 200  | 1.9                      | 2.9 | 3.7 | 4.0 | 4.2 |
| 400  | 1.4                      | 2.0 | 2.5 | 2.7 | 3.9 |
| 600  | 1.1                      | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.0 |
| 800  | 0.6                      | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9 |
| ≥1,600                                     | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| <b>FFS = 55 mi/h</b>                       |                          |     |     |     |     |
| ≤100                                       | 0.5                      | 1.2 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 200  | 1.5                      | 2.4 | 3.5 | 3.9 | 4.1 |
| 400  | 1.3                      | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 2.8 |
| 600  | 0.9                      | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.9 |
| 800  | 0.5                      | 0.7 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.9 |
| ≥1,600                                     | 0.5                      | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| <b>FFS = 50 mi/h</b>                       |                          |     |     |     |     |
| ≤100                                       | 0.2                      | 0.7 | 1.9 | 2.4 | 2.5 |
| 200  | 1.2                      | 2.0 | 3.3 | 3.9 | 4.0 |
| 400  | 1.1                      | 1.6 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 600  | 0.6                      | 0.9 | 1.4 | 1.7 | 1.9 |
| 800  | 0.4                      | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.3 |
| 1,000                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| ≥1,600                                     | 0.4                      | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| <b>FFS ≤ 45 mi/h</b>                       |                          |     |     |     |     |
| ≤100                                       | 0.1                      | 0.4 | 1.7 | 2.2 | 2.4 |
| 200  | 0.9                      | 1.6 | 3.1 | 3.8 | 4.0 |
| 400  | 0.9                      | 0.5 | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600  | 0.4                      | 0.3 | 1.3 | 1.7 | 1.8 |
| 800  | 0.3                      | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| ≥1,600                                     | 0.3                      | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.6 |

*Nota: Se interpola al valor más próximo a 0.1 como recomienda el HCM (Fuente: Transportation Research Board)*

**9. Ajuste por demanda del porcentaje de tiempo seguimiento o demora PTSF**

Según el HCM (2010), únicamente se utiliza este procedimiento en situaciones que involucran carreteras de categoría I y II, pero no se aplica en carreteras de categoría III dentro del contexto de PTSF.



Se emplearán las siguientes ecuaciones 2-7 y 2-8:

$$V_{i,PTSF} = \frac{V_i}{FHP \times f_{g,PTSF} \times f_{HV,PTSF}} \quad 2-7$$

$$f_{HV,PTSF} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad 2-8$$

Dónde:

$V_{i,PTSF}$  – Demanda i necesaria para la determinación de PTSF

i – “d” dirección de análisis o “o” sentido contrario

$f_{g,PTSF}$  = Factor de ajuste para la determinación del grado PTSF

$f_{HV,PTSF}$  = Factor de ajuste de vehículos pesados para la determinación PTSF

#### 10. Factor de ajuste por tipo de terreno PTSF

El coeficiente de corrección por terreno se establece para los tramos generales del terreno (plano o con ligeras elevaciones), en la tabla 11 se muestran los coeficientes de corrección para terrenos en general y en la tabla 12 se encuentran los coeficientes de corrección específicos para mejoras. Estas correcciones se emplean para analizar las velocidades de flujo requeridas.  $V_{vph} = V/FHP$ . (Transportation Research Board, 2010).

**Tabla 10**

*Factor de ajuste por tipo de terreno para determinar PTSF*

| Directional Demand Flow Rate, $v_{vph}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades | Rolling Terrain |
|---|---------------------------------------|-----------------|
| ≤100  | 1.00                                  | 0.73            |
| 200   | 1.00                                  | 0.80            |
| 300   | 1.00                                  | 0.85            |
| 400   | 1.00                                  | 0.90            |
| 500   | 1.00                                  | 0.96            |
| 600   | 1.00                                  | 0.97            |
| 700   | 1.00                                  | 0.99            |
| 800   | 1.00                                  | 1.00            |
| ≥900  | 1.00                                  | 1.00            |

*Nota: Se interpola al valor más próximo a 0.1 como recomienda el HCM (Fuente: Transportation Research Board)*



**Tabla 11**

*Factor de ajuste para mejoras específicas*

| Grade (%)    | Grade Length (mi) | Directional Demand Flow Rate, $v_{gpb}$ (veh/h) |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|-------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
|              |                   | ≤100  | 200  | 300  | 400  | 500  | 600  | 700  | 800  | ≥900 |
| ≥3<br><3.5   | 0.25              | 1.00  | 0.99 | 0.97 | 0.96 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 |
|              | 0.50              | 1.00  | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 |
|              | 0.75              | 1.00  | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 |
|              | 1.00              | 1.00  | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 |
|              | 1.50              | 1.00  | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 |
|              | 2.00              | 1.00  | 0.99 | 0.98 | 0.98 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 |
|              | 3.00              | 1.00  | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.96 | 0.96 |
|              | ≥4.00             | 1.00  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 0.97 |
| ≥3.5<br><4.5 | 0.25              | 1.00  | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.94 | 0.93 | 0.93 | 0.92 | 0.92 |
|              | 0.50              | 1.00  | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.96 | 0.95 |
|              | 0.75              | 1.00  | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.96 | 0.96 |
|              | 1.00              | 1.00  | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 |
|              | 1.50              | 1.00  | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 |
|              | 2.00              | 1.00  | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 |
|              | 3.00              | 1.00  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
|              | ≥4.00             | 1.00  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| ≥4.5         | 0.25              | 1.00  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 0.97 |
| <5.5         | ≥0.50             | 1.00  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| ≥5.5         | All               | 1.00  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

*Nota: Se interpola al valor más próximo a 0.1 como recomienda el HCM (Fuente: Transportation Research Board)*

### 11. Factor de ajuste por vehículos pesados para determinar PTSF

De acuerdo con el HCM (2010) 6ta edición, no hay una metodología para calcular PTSF para camiones que circulan a cierta velocidad en pendientes específicas. Por esta razón, la tabla 13 muestra comparaciones para camiones y vehículos recreativos que transitan por pendientes.

**Tabla 12**

*Equivalencias para camiones como para vehículos recreativos en terreno llano y ondulado*

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{gpb}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade |         |
|---------------|---|------------------------------|---------|
|               |   | Level                        | Rolling |
| Trucks, $E_T$ | ≤100  | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200   | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300   | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400   | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500   | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600   | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700   | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800   | 1.0                          | 1.0     |
| RVs, $E_R$    | ≥900  | 1.0                          | 1.0     |
|               | All   | 1.0                          | 1.0     |

*Nota: Se interpola al valor más próximo a 0.1 como recomienda el HCM (Fuente: Transportation Research Board)*



**Tabla 13**

*Equivalencias para camiones y vehículos recreativos circulando en rampas específicas*

| Grade (%)  | Grade Length (mi) | Directional Demand Flow Rate, $v_{veh}$ (veh/h) |     |     |     |     |     |     |     |      |
|--|-------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|  |                   | ≤100  | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | ≥900 |
| <b>Passenger Car Equivalents for Trucks (<math>E_T</math>)</b> |                   |   |     |     |     |     |     |     |     |      |
| ≥3<br><3.5   | ≤2.00             | 1.0   | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
|  | 3.00              | 1.5   | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
|  | ≥4.00             | 1.6   | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
| ≥3.5<br><4.5   | ≤1.00             | 1.0   | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
|  | 1.50              | 1.1   | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
|  | 2.00              | 1.6   | 1.3 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
|  | 3.00              | 1.8   | 1.4 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2  |
|  | ≥4.00             | 2.1   | 1.9 | 1.8 | 1.7 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4  |
| ≥4.5<br><5.5   | ≤1.00             | 1.0   | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
|  | 1.50              | 1.1   | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2  |
|  | 2.00              | 1.7   | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3  |
|  | 3.00              | 2.4   | 2.2 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 1.8 | 1.8 | 1.7 | 1.7  |
|  | ≥4.00             | 3.5   | 3.1 | 2.9 | 2.7 | 2.1 | 2.0 | 2.0 | 1.8 | 1.8  |
| ≥5.5<br><6.5   | ≤0.75             | 1.0   | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
|  | 1.00              | 1.0   | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2  |
|  | 1.50              | 1.5   | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6  |
|  | 2.00              | 1.9   | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.8 | 1.8  |
|  | 3.00              | 3.4   | 3.2 | 3.0 | 2.9 | 2.4 | 2.3 | 2.3 | 1.9 | 1.9  |
|  | ≥4.00             | 4.5   | 4.1 | 3.9 | 3.7 | 2.9 | 2.7 | 2.6 | 2.0 | 2.0  |
| ≥6.5   | ≤0.50             | 1.0   | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |
|  | 0.75              | 1.0   | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0  |
|  | 1.00              | 1.3   | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 1.4  |
|  | 1.50              | 2.1   | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0  |
|  | 2.00              | 2.9   | 2.8 | 2.7 | 2.7 | 2.4 | 2.4 | 2.3 | 2.3 | 2.3  |
|  | 3.00              | 4.2   | 3.9 | 3.7 | 3.6 | 3.0 | 2.8 | 2.7 | 2.2 | 2.2  |
|  | ≥4.00             | 5.0   | 4.6 | 4.4 | 4.2 | 3.3 | 3.1 | 2.9 | 2.7 | 2.5  |
| <b>Passenger Car Equivalents for RVs (<math>E_R</math>)</b>    |                   |   |     |     |     |     |     |     |     |      |
| All  | All               | 1.0   | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |

*Nota: Se interpola al valor más próximo a 0.1 como recomienda el HCM (Fuente: Transportation Research Board)*

## 12. Estimación del porcentaje de tiempo seguimiento o demora PTSF

La fórmula 2-9 se emplea en vías de categoría I y II para determinar el PTSF considerando los requisitos de tráfico (Transportation Research Board, 2010).

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np,PTSF} \left( \frac{V_{d,PTSF}}{V_{d,PTSF} + V_{o,PTSF}} \right) \quad 2-9$$

Dónde:

$PTSF_d$  = Porcentaje del tiempo gastado (% de demora) en la dirección de análisis (decimal)





$BPTSF_d$  = Porcentaje de base del tiempo siguiente en la dirección de análisis, calculado mediante la ecuación 2-10

$f_{np,PTSF}$  = Ajuste de PTSF para el porcentaje de las zonas de no rebasar en el segmento de análisis, determinado en la figura 14.

$V_{d,PTSF}$  = Demanda en el periodo de análisis en la dirección para la estimación PTSF (veh lig/h).

$V_{o,PTSF}$  = Demanda en el periodo de análisis en el sentido opuesto para la estimación del PTSF (veh lig/h).

El porcentaje de base de tiempo-paso-siguiente (BPTSF) se estimará mediante la ecuación 2-10

$$BPTSF_d = 100 [1 - \exp(av_d^b)] \quad 2-10$$

Donde a y b son constantes donde los valores se toman de la tabla 15:

**Tabla 14**

*PTSF coeficiente para uso en la ecuación 2-10*

| Opposing Demand Flow Rate, $v_o$ (pc/h) | Coefficient $a$ | Coefficient $b$ |
|---|-----------------|-----------------|
| $\leq 200$                              | -0.0014         | 0.973           |
| 400                                     | -0.0022         | 0.923           |
| 600                                     | -0.0033         | 0.870           |
| 800                                     | -0.0045         | 0.833           |
| 1,000                                   | -0.0049         | 0.829           |
| 1,200                                   | -0.0054         | 0.825           |
| 1,400                                   | -0.0058         | 0.821           |
| $\geq 1,600$                            | -0.0062         | 0.817           |

*Nota: Se interpola al valor más próximo a 0.1 como recomienda el HCM (Fuente: Transportation Research Board)*

De acuerdo con el HCM (2010), la tabla 16 establece que el coeficiente de corrección se relaciona con el volumen total de tráfico en ambas direcciones, sin embargo, este coeficiente se aplica únicamente en un análisis unidireccional.



**Tabla 15**

*Factor de ajuste de no rebasar o adelantamiento para determinar el PTSF*

| Total Two-Way Flow Rate,<br>$v = v_d + v_o$ (pc/h) | Percent No-Passing Zones |      |      |      |      |      |
|--|--------------------------|------|------|------|------|------|
|  | 0                        | 20   | 40   | 60   | 80   | 100  |
| <b>Directional Split = 50/50</b>                   |                          |      |      |      |      |      |
| ≤200   | 9.0                      | 29.2 | 43.4 | 49.4 | 51.0 | 52.6 |
| 400  | 16.2                     | 41.0 | 54.2 | 61.6 | 63.8 | 65.8 |
| 600  | 15.8                     | 38.2 | 47.8 | 53.2 | 55.2 | 56.8 |
| 800  | 15.8                     | 33.8 | 40.4 | 44.0 | 44.8 | 46.6 |
| 1,400  | 12.8                     | 20.0 | 23.8 | 26.2 | 27.4 | 28.6 |
| 2,000  | 10.0                     | 13.6 | 15.8 | 17.4 | 18.2 | 18.8 |
| 2,600  | 5.5                      | 7.7  | 8.7  | 9.5  | 10.1 | 10.3 |
| 3,200  | 3.3                      | 4.7  | 5.1  | 5.5  | 5.7  | 6.1  |
| <b>Directional Split = 60/40</b>                   |                          |      |      |      |      |      |
| ≤200   | 11.0                     | 30.6 | 41.0 | 51.2 | 52.3 | 53.5 |
| 400  | 14.6                     | 36.1 | 44.8 | 53.4 | 55.0 | 56.3 |
| 600  | 14.8                     | 36.9 | 44.0 | 51.1 | 52.8 | 54.6 |
| 800  | 13.6                     | 28.2 | 33.4 | 38.6 | 39.9 | 41.3 |
| 1,400  | 11.8                     | 18.9 | 22.1 | 25.4 | 26.4 | 27.3 |
| 2,000  | 9.1                      | 13.5 | 15.6 | 16.0 | 16.8 | 17.3 |
| 2,600  | 5.9                      | 7.7  | 8.6  | 9.6  | 10.0 | 10.2 |
| <b>Directional Split = 70/30</b>                   |                          |      |      |      |      |      |
| ≤200   | 9.9                      | 28.1 | 38.0 | 47.8 | 48.5 | 49.0 |
| 400  | 10.6                     | 30.3 | 38.6 | 46.7 | 47.7 | 48.8 |
| 600  | 10.9                     | 30.9 | 37.5 | 43.9 | 45.4 | 47.0 |
| 800  | 10.3                     | 23.6 | 28.4 | 33.3 | 34.5 | 35.5 |
| 1,400  | 8.0                      | 14.6 | 17.7 | 20.8 | 21.6 | 22.3 |
| 2,000  | 7.3                      | 9.7  | 11.7 | 13.3 | 14.0 | 14.5 |
| <b>Directional Split = 80/20</b>                   |                          |      |      |      |      |      |
| ≤200   | 8.9                      | 27.1 | 37.1 | 47.0 | 47.4 | 47.9 |
| 400  | 6.6                      | 26.1 | 34.5 | 42.7 | 43.5 | 44.1 |
| 600  | 4.0                      | 24.5 | 31.3 | 38.1 | 39.1 | 40.0 |
| 800  | 3.8                      | 18.5 | 23.5 | 28.4 | 29.1 | 29.9 |
| 1,400  | 3.5                      | 10.3 | 13.3 | 16.3 | 16.9 | 32.2 |
| 2,000  | 3.5                      | 7.0  | 8.5  | 10.1 | 10.4 | 10.7 |
| <b>Directional Split = 90/10</b>                   |                          |      |      |      |      |      |
| ≤200   | 4.6                      | 24.1 | 33.6 | 43.1 | 43.4 | 43.6 |
| 400  | 0.0                      | 20.2 | 28.3 | 36.3 | 36.7 | 37.0 |
| 600  | -3.1                     | 16.8 | 23.5 | 30.1 | 30.6 | 31.1 |
| 800  | -2.8                     | 10.5 | 15.2 | 19.9 | 20.3 | 20.8 |
| 1,400  | -1.2                     | 5.5  | 8.3  | 11.0 | 11.5 | 11.9 |

Nota. Factor de ajuste de no rebasar o adelantamiento para determinar el PTSF (Fuente: Transportation Research Board)





### 2.2.2. Condición de Rugosidad.

Las carreteras asfaltadas deben proporcionar confort y seguridad a los usuarios, al mismo tiempo que resultan rentables tanto para el Estado o concesionario como para los propietarios de vehículos. En caso de no cumplir con estos requisitos y deteriorarse, impactan negativamente la economía del Estado, ya que se requiere invertir más recursos en labores de mantenimiento para asegurar la seguridad y comodidad de los usuarios. Además, el mal estado de las carreteras asfaltadas puede generar costos adicionales a los propietarios de vehículos por reparaciones debido a los daños ocasionados. (Arriaga Patiño, Garnica Anguas, & Rico Rodríguez, 1998)

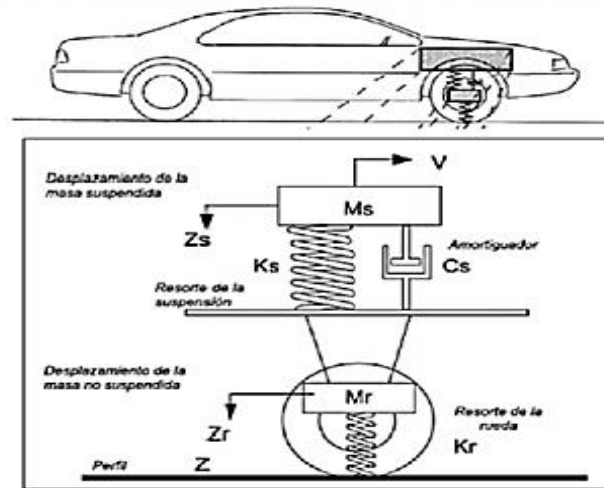
#### 2.2.2.1. Modelo matemático del IRI

La medición del IRI de un pavimento consiste esencialmente en cuatro pasos (Torrent, 1999).

- a) La medición de un perfil longitudinal simple.
- b) El perfil mencionado pasa por un proceso de filtrado utilizando la técnica de media móvil con una longitud de escala de 250 mm. Esta metodología de filtrado emula el efecto de suavizado que se produce debido a la deformación del neumático.
- c) El perfil obtenido es sometido a un nuevo procesamiento mediante la simulación del cuarto de vehículo. Esta simulación registrara la respuesta física de un vehículo “ideal” que se desplaza a una velocidad de 80 kilómetros por hora sobre el perfil. Se calcula el valor del IRI dividiendo el desplazamiento acumulado de la suspensión “ideal” por la longitud del perfil recorrido. Según lo mencionado por Sayer y Karminhas (1986), el modelo matemático correspondiente se representa en la figura 2 a continuación.

Figura 3

*Representación de masa suspendida y no suspendida en el modelo del cuarto automóvil*



Representación de masa suspendida y no suspendida en el Modelo de Cuarto de Automóvil.

**Fuente:** (Badilla, 2009).

Representación de masa suspendida y no suspendida en el Modelo de Cuarto de Automóvil.

**Fuente:** (Badilla, 2009).

Donde:

Ks: Constante de resorte de la suspensión

Kr: Constante del resorte de la rueda

Ms: Masa suspendida

Mr: Masa no suspendida

Cs: Amortiguador

Por lo anterior, el valor del IRI está definido por la ecuación (1):

$$IRI = \frac{1}{L} \int_0^{\frac{X}{V}} [Z_s - Z_r] dt \quad (1)$$

Donde:

IRI: Es el Índice de Rugosidad Internacional en mm/m;

L: Es la longitud del tramo;

X: es la distancia longitudinal en m;

V: es la velocidad del automóvil modelo (80km/h);

X/V: es el tiempo que tarda el modelo en recorrer cierta distancia X;

dt: es el incremento de tiempo;

Zs: es la velocidad vertical de la masa del vehículo;

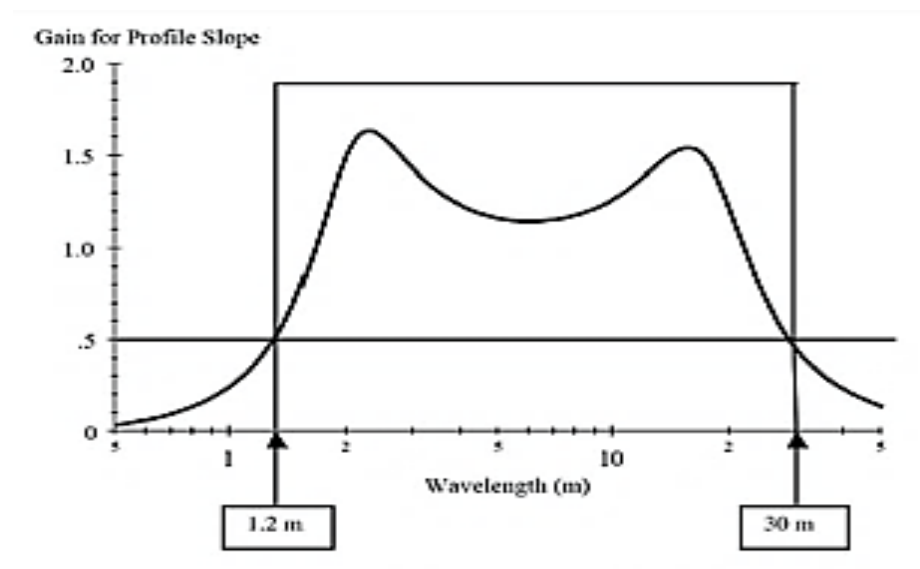
Zr: es la velocidad vertical de la masa del eje.

d) Longitud de onda que incide en el IRI

De acuerdo con la definición de Sayers y Karminhas (1986), el IRI se impactado por longitudes de onda que varían entre 1.25 y 30 metros, tal como se filtra en el modelo del cuarto de vehículo. En la figura 4 se ilustra cómo el perfil incluye en el IRI para diferentes longitudes de onda, resaltando el área enmarcada que corresponde al rango de mayor influencia. Es relevante destacar que se probable que las longitudes de onda que se encuentren fuera de este rango tengan una respuesta menor.

Figura 4

*Representación gráfica de la influencia del IRI para diferentes longitudes de onda*



Representación gráfica de la influencia del IRI para diferentes longitudes de onda

**Fuente:** (Sayers & Karminhas, 1986).



( Marín Montoya, Riscanevo López, & Acosta Castellanos, Análisis del índice de rugosidad internacional. Aplicación al aeropuerto Enrique Olaya Herrera de Medellín, Colombia, 2016)

En la figura 4, se pueden observar dos áreas que se encuentran fuera del intervalo de 1.20 metros a 30 metros. La zona inferior, correspondiente a longitudes de onda más pequeñas, representa las irregularidades asociadas a micro texturizados, macro texturizados y mega texturizados, los cuales tienen una contribución mínima en la evaluación del IRI, pero no deben ser completamente descartados. Por otro lado, la zona con longitudes de onda mayores a 30 metros se refiere a ondas largas que pueden ser generadas por la geometría de la vía, como curvas verticales y otros aspectos topográficos, pero que no reflejan valores significativos de IRI según el filtro del modelo. Las irregularidades que tienen un mayor impacto en el IRI son aquellas de longitud de onda corta y media, así como algunas de onda larga, que se encuentran en el rango de 1.25 metros a 30 metros. Estas pueden estar asociadas a juntas, baches irregulares, depresiones, fallas, hundimientos, ondulaciones, curvas verticales y la presencia de estructuras hidráulicas, entre otras. (Caro Rivera y Peña Castro, 2012), ( Marín Montoya, Riscanevo López, & Acosta Castellanos, Análisis del índice de rugosidad internacional. Aplicación al aeropuerto Enrique Olaya Herrera de Medellín, Colombia, 2016)

Para perfil longitudinal el IRI es necesario conocer los siguientes elementos:

- El perfil longitudinal de una carretera se refiere a las alturas en tramos que tiene una distancia constante, que es mayor a 0.01 m y excede los 0.3 m.
- Deslizamiento vertical u: desplazamiento vertical de las masas no suspendidas, con relación a su posición inicial.
- Desplazamiento vertical v: desplazamiento vertical de las masas suspendidas, con relación a su posición inicial.
- Longitud de valoración de IRI L: longitud del tramo en el que se calculara el IRI y se reportara un resultado. Para los cálculos que siguen en esta norma, la longitud se considerará igual a 100 m. (Caro Rivera & Peña Castro, 2012).

e) **RESULTADOS Y ANÁLISIS.** - A partir de este análisis, se puede afirmar que, en la construcción de carreteras y pistas de aeropuertos, es común utilizar un



enfoque de paquete estructural multicapa que pueda resistir los esfuerzos generados por los vehículos. Sin embargo, existen otros factores cruciales a considerar en el diseño y construcción de un pavimento, independientemente del tipo de vehículo o nivel de tráfico. Estos factores incluyen en el Índice de Rugosidad Internacional, la macro textura, el ahuellamiento y las características de deterioro superficial, los cuales impactan en la seguridad y comodidad del usuario al transitar por el pavimento. Estas características no solo son indicadores de comodidad, sino que también permiten evaluar y cuantificar el costo de uso de las estructuras, buscando así pavimentos con estándares de calidad más altos. ( Marín Montoya, Riscanevo López, & Acosta Castellanos, Análisis del índice de rugosidad internacional. Aplicación al aeropuerto Enrique Olaya Herrera de Medellín, Colombia, 2016)

Aunque el Índice de Regularidad Internacional no es el único criterio utilizado para evaluar pavimentos, tanto flexibles como rígidos, es ampliamente reconocido a nivel mundial como un indicador importante del deterioro superficial y estructural de una superficie de rodadura. La adopción de criterios internacionales, como el IRI, para la aceptación o rechazo de pavimentos recién construidos ha tenido un impacto positivo en la evaluación de carreteras en nuestro país a través del sistema de concesiones. Esto ha llevado a la implementación de rigurosos procesos de construcción que aseguran la entrega de un producto de calidad para los usuarios. Aunque no se enfatice en este tipo de análisis de calidad para la recepción de nuevos pavimentos o repavimentaciones en las concesiones aeroportuarias, se recomienda también adoptar la auscultación de las pistas como parte de un enfoque integral de calidad.

Aunque el Índice de Regularidad Internacional no es el único criterio utilizado para evaluar pavimentos, tanto flexibles como rígidos, se considera uno de los parámetros más ampliamente aceptados a nivel mundial para medir el deterioro superficial y estructural de una superficie de rodadura. La adopción de criterios internacionales, como el IRI, para la aceptación o rechazo de pavimentos recién construidos ha tenido un impacto positivo en la evaluación de carreteras en nuestro país a través del sistema de concesiones. Esto ha llevado a la implementación de prácticas de construcción más cuidadosas para garantizar la calidad del producto para los usuarios. En el caso de las concesiones aeroportuarias, aunque el



organismo internacional que regula la construcción de las pistas (FAA) no enfatice en este tipo de análisis de calidad para la recepción de nuevos pavimentos o repavimentaciones, se recomienda adoptar la auscultación de las pistas como parte de un enfoque integral de calidad. ( Marín Montoya, Riscanevo López, & Acosta Castellanos, Análisis del índice de rugosidad internacional. Aplicación al aeropuerto Enrique Olaya Herrera de Medellín, Colombia, 2016)

Podría pensarse que una carretera no es semejante a una pista de aterrizaje, debido a sus diferencias en velocidad y alineación, aunque ambas sean estructuras asfálticas similares en cuanto a su composición y textura, variando solo en los espesores empleados. Sin embargo, como se evidenció en la experiencia del Banco Mundial en 1986 y confirman otros estudios, como el de Caro Rivera & Peña Castro (2012), se observan comportamientos homogéneos en la medición del IRI a partir de los 80km/h, lo que permite que el parámetro sea aplicable en pistas de aeropuertos como indicador de calidad y sinónimo de seguridad de las mismas. ( Marín Montoya, Riscanevo López, & Acosta Castellanos, Análisis del índice de rugosidad internacional. Aplicación al aeropuerto Enrique Olaya Herrera de Medellín, Colombia, 2016)

En términos de administración de superficies de rodadura, lograr un adecuado Índice de Regularidad Internacional asegura una construcción de calidad, una larga vida útil de las estructuras de pavimento, una óptima utilización de los recursos de mantenimiento, seguridad en la circulación en cualquier condición climática y confort tanto para los pasajeros como para la tripulación de las aeronaves y vehículos. Además, permite una visión más completa del deterioro del pavimento, ya que no se limita al análisis de un tramo en particular, sino que evalúa el estado total de las estructuras, ampliando así el alcance del método. ( Marín Montoya, Riscanevo López, & Acosta Castellanos, Análisis del índice de rugosidad internacional. Aplicación al aeropuerto Enrique Olaya Herrera de Medellín, Colombia, 2016)

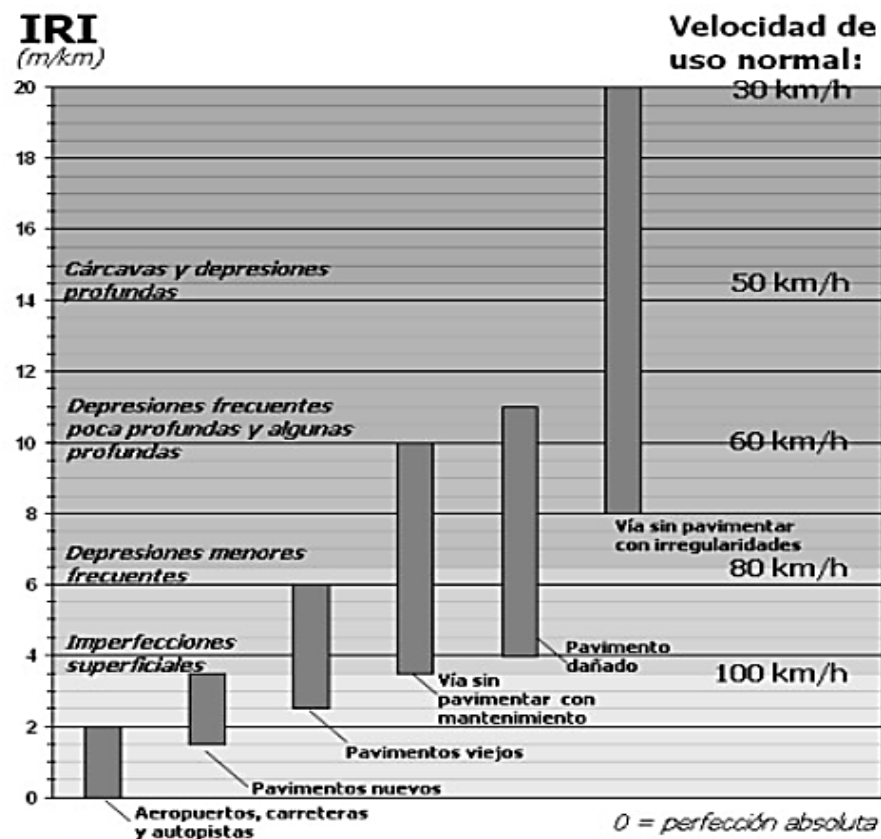
#### **2.2.2.2. Escala de características del IRI**

Basándose en la investigación llevada a cabo por el banco Mundial, se sugirió un sistema de evaluación de la uniformidad de la superficie de diversas categorías de carreteras.

Para carreteras asfaltadas, el rango de la escala del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) va desde 0 a 12 metros por kilómetro, donde 0 indica una superficie perfectamente uniforme y 12 indica un camino impracticable. Para vías sin asfaltar, la escala se extiende hasta el valor de 20. El perfil real de una carretera recién construida se considera en estado cero, pero se define por su IRI inicial mayor a cero, debido principalmente a que lograr valores de  $IRI = 0$  es extremadamente difícil desde el punto de vista constructivo. Una vez en uso, la regularidad del pavimento cambia lentamente debido al tráfico. (Badilla Vargas, 2009)

**Figura 5**

*Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías*



Fuente (Badilla Vargas, 2009)





Es esencial destacar que cuanto mayor sea el flujo y la rapidez de los vehículos, se necesitarán niveles inferiores de IRI debido a su efecto en el gasto de conservación de las carreteras y de los autos. Consulte el cuadro siguiente. (Lavaud, 2016)

**Figura 6**

*Recomendaciones del Transportation Research Board (TRB) para la selección de valores máximos admisibles de IRI en función del TPDA*

| Tránsito Diario Promedio Anual (TPDA) | Índice Internacional de Rugosidad, IRI (m/km) |     |                |     |                 |       |      |
|---------------------------------------|---|-----|----------------|-----|-----------------|-------|------|
|                                       | 0-2   | 2-4 | 4-6            | 6-8 | 8-10            | 10-12 | > 12 |
| 0 - 4 999                             | <b>Muy bueno</b>                              |     | <b>Bueno</b>   |     |                 |       |      |
| 5 000 - 9 999                         |   |     | <b>Regular</b> |     | <b>Malo</b>     |       |      |
| 10 000 - 19 999                       |   |     |                |     | <b>Muy malo</b> |       |      |
| > 20 000                              |   |     |                |     |                 |       |      |

Fuente (Lavaud, 2016)

En varios países de América Latina, se establece un IRI de 2.0 m/km para obras nuevas y un IRI aceptable de servicio de 3.5 m/km. Sin embargo, la tendencia actual es reducir los niveles de IRI exigidos tanto en la aceptación de obras como en el umbral de índice de servicio. Esto se hace con el objetivo de brindar una experiencia más cómoda a los usuarios, prolongar la vida útil de los pavimentos, reducir los costos de mantenimiento vial y disminuir los gastos de operación de los vehículos, como el combustible, los neumáticos y el tiempo de recorrido (Lavaud, 2016).

### 2.2.2.3. Equipos de medición

Existen diferentes dispositivos para medir el IRI, los cuales se clasifican según el tipo y la precisión de las mediciones realizadas. Con fines de esta norma, los dispositivos se organizan en diferentes clases, que se describen a continuación:





### 2.2.2.3.1. Equipos de Bajo Rendimiento

Estos dispositivos se caracterizan por realizar mediciones a una velocidad considerablemente más baja que la velocidad normal de una carretera en funcionamiento. Dependiendo del propósito de las mediciones, los dispositivos de bajo rendimiento se pueden clasificar en los siguientes tipos: dispositivos de calibración y equipos de garantía de calidad. (SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, 2016).

- **Dispositivos de Referencia**

Estos equipos, que son operados manualmente, tienen como objetivo principal validar otros métodos para la evaluación del IRI al establecer niveles de referencia de la regularidad en un número limitado de ubicaciones de prueba. De esta manera, permiten la calibración de equipos de tipo respuesta, que proporcionan una medida de la regularidad basada en la respuesta dinámica de un vehículo a las variaciones en la elevación de la superficie del pavimento. También se utilizan para verificar la precisión de equipos que determinan el IRI a partir de la medición del perfil longitudinal, como los perfilómetros (SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, 2016).

El funcionamiento de los equipos de referencia se fundamenta en lograr la obtención del perfil longitudinal del camino con una elevada exactitud, para ello se mide la altura de la superficie en puntos igualmente separados y muy próximos entre sí. Este perfil se emplea para calcular el IRI mediante el proceso definido en el Manual M-MMP.4.07.06, Determinación del Perfil Longitudinal con Nivel y Estadal para el Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, 2016).

Entre instrumentos comúnmente empleados como dispositivos de referencia pueden mencionarse los siguientes:

- Nivel Estadal
- Dipstick (fase)
- Z-250 (ROMDAS)
- Walking profilometer (ARRB)



Las mediciones realizadas por el instrumento de calibración deben tener un intervalo de muestreo máximo de 250 milímetros y cumplir con niveles de precisión en relación a la uniformidad, según se especifica en la siguiente tabla:

**Tabla 16**

*Tabla de precisión requerida para los dispositivos de referencia*

| Rango de regularidad IRI<br>m/km | Precisión de las lecturas de elevación<br>mm |
|----------------------------------|--|
| 1,0 – 3,0                        | 0,5  |
| 3,0 – 5,0                        | 1,0  |
| 5,0 – 7,0                        | 1,5  |
| 7,0 – 10,0                       | 2,0  |
| 10,0 – 20,0                      | 3,0  |

- **Equipos para el Control de Calidad**

Por lo general, el control de calidad de la regularidad se realiza en tramos cortos para asegurar la pronta corrección de cualquier desviación de las especificaciones. Por lo tanto, el uso de herramientas de alto rendimiento no es adecuado para supervisar la uniformidad. (SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, 2016).

Los Equipos para el Control de Calidad pueden Dividirse en dos Grandes grupos:

- Perfiló grafos. - Los dispositivos de funcionamiento manual consisten en una estructura de metal que cuenta con pequeñas ruedas. En el centro de la estructura se encuentra una rueda de percepción que registra las variaciones verticales con respecto a un plano de referencia. Estas variaciones se registran de manera gráfica en papel especial o de forma electrónica (SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, 2016).
- Perfilómetros inerciales ligeros. –Los sensores utilizan el mismo principio que los perfilómetros inerciales altamente eficientes. Sin embargo, se distinguen por instalarse en un vehículo compacto, similar a un carrito de golf, que se desplaza a una velocidad aproximada de diez (10) kilómetros por hora (SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, 2016).



### 2.2.2.3.2. Equipos de Alto Rendimiento

Los dispositivos de alto rendimiento se han diseñado para realizar mediciones a velocidades similares a las velocidades de circulación en las carreteras. Su objetivo principal es determinar la uniformidad de los pavimentos a nivel de la red, y su ventaja adicional es que minimizan las molestias al tráfico. Existen dos clases principales de dispositivos de alto rendimiento: los dispositivos de respuesta y los perfilómetros inerciales (SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, 2016).

- **Equipos Tipo Respuesta**

Estos dispositivos proporcionan una evaluación de la uniformidad basada en la respuesta dinámica de un vehículo ante los cambios en la altura de la superficie del camino. Específicamente, los dispositivos de respuesta miden el movimiento relativo del eje del vehículo con respecto al chasis y lo registran a una distancia específica (SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, 2016)

Se hacen mediciones con dispositivos de respuesta y se transforma a la escala del IRI mediante un fórmula de correlación que se determina empíricamente mediante un proceso de ajuste. En líneas generales, este procedimiento implica conducir el vehículo a una velocidad determinada sobre un tramo con un IRI conocido. La fórmula de correlación solo es aplicable al vehículo utilizado en la obtención de los datos, ya que cada vehículo posee características dinámicas particulares que varían con el tiempo, por lo que es necesario recalibrar el equipo de forma periódica.

Los equipos de respuesta son especialmente útiles para la evaluación de vías extremadamente accidentadas y en particular, de senderos sin asfaltar.

Este tipo de equipos solamente serán utilizados en estudios cuya precisión no amerita el uso de equipos clase 1 (SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, 2016)

- **Perfilómetros inerciales**

Los medidores de perfil inercial utilizan una referencia inercial para obtener el perfil longitudinal. Esta referencia se establece mediante acelerómetros instalados en la carrocería del vehículo de medición. La distancia entre los acelerómetros y la superficie del pavimento se mide con un sensor óptico o acústico montado en el vehículo. Para determinar la distancia correspondiente a cada punto del perfil, se utiliza un instrumento



digital o DMI, que genera pulsos (SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, 2016)

La información de los indicadores de los acelerómetros, el dispositivo de movimiento y el equipo para la evaluación de la separación se utiliza como entrada en un software que calcula el perfil longitudinal para uno o ambos carriles analizados (SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, 2016).

Al igual que con los dispositivos de referencia, el perfil longitudinal se utiliza para calcular el IRI, siguiendo el procedimiento establecido en la norma ASTM E-1926, Práctica estándar para el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional de Carreteras a partir de mediciones de perfil longitudinal (SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, 2016).

A diferencia de los dispositivos de respuesta, los perfilómetros inerciales no necesitan tramos de referencia para su calibración. En su lugar, se ajustan siguiendo los procedimientos establecidos por los fabricantes para cada uno de sus componentes (SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, 2016).

**Tabla 17**

*Tabla de Clasificación de equipos de medición IRI de pavimento*

| CLASIFICACIÓN DE EQUIPO | CLASIFICACIÓN SEGÚN BANCO MUNDIAL, BOLETÍN TÉCNICO N° 46  | CLASIFICACIÓN SEGÚN ASTM E-950-98 |                                 |
|-------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------|
| Clase 1                 | <b>Perfilómetros de precisión.</b> Requiere que el perfil longitudinal de un camino sea medido como una serie de puntos de elevación equidistantes a través de la huella o rodera de la vía para calcular el IRI. Esta distancia no debería superar los 0.25 mm y la precisión en la medición de la elevación debería de ser 0.5 mm para pavimentos que posean valores de IRI entre 1 y 3 m/km para pavimentos con valores de IRI entre 10 y 20 m/km. | Menor o igual a 25 mm             | Menor o igual a 0.1 mm          |
| Clase 2                 | <b>Otros métodos perfilométricos.</b> Requieren una frecuencia de puntos de perfil, no superior a 0.5 m y una precisión en la medición de la elevación comprendida entre 1.0 mm para pavimentos que posean valores de IRI entre 1 y 3 m/km y 6.0 mm para pavimentos con valores de IRI entre 10 y 20 m/km.  | Mayor que 25 mm. Hasta 150 mm     | Mayor que 0.1 mm. Hasta 0.2 mm. |
| Clase 3                 | <b>IRI estimado mediante ecuaciones de correlación.</b> La obtención del perfil longitudinal se hace mediante equipos tipo respuesta (RTRRM), los cuales han sido calibrados previamente con perfilómetros de precisión mediante ecuaciones de correlación.   | Mayor que 150 mm. hasta 300 mm.   | Mayor que 0.2 mm. Hasta 0.5 mm. |
| Clase 4                 | <b>Estimaciones subjetivas y mediciones no calibradas.</b> Incluyen mediciones realizadas con equipos no calibrados, estimaciones subjetivas con base en la experiencia en la calidad de viaje o inspecciones visuales de las carreteras.   | Mayor que 300 mm                  | Mayor que 0.5 mm                |

Fuente: (ICC Laser y KJ Law, 1988), "The Little Book of Profiling: Basic information about measuring and interpreting road profiles", USA-University of Michigan,

Fuente (ICC Laser y KJ Law, 1988)



### 2.2.2.3.3. DESCRIPCION DE EQUIPOS EXISTENTES PARA MEDIR EL INDICE DE REGULARIDAD

A lo largo del tiempo, se han desarrollado diferentes dispositivos para calcular el perfil longitudinal de las carreteras y evaluar su uniformidad superficial. Estos dispositivos varían en términos de precisión y velocidad con la que proporcionan los datos (Badilla Vargas, 2009).

- **Nivel y Mira tipográfica**

La técnica más utilizada para medir el perfil longitudinal es mediante el uso de un dispositivo compuesto por una mira de alta precisión, graduada en unidades de elevación adecuadas (generalmente centímetros o pies), y un nivel topográfico que se utiliza para establecer una línea horizontal de referencia (Badilla Vargas, 2009)

*Figura 7*

*Nivel Mira Topografía*



*Fuente (Badilla Vargas, 2009)*

- **Equipo Dipstick**

El Dispositivo de Medición de Dipstick consiste en un instrumento de medición de ángulos dispuesto entre dos soportes separados por una distancia de 300 mm o 250 mm (dependiendo de las unidades de análisis utilizadas, los soportes pueden estar separados por 12 pulgadas). Estos soportes registran la diferencia de elevación entre ellos (Badilla Vargas, 2009).



*Figura 8*

*Dipstick*



Fuente Ventura, J. Determinación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) 2005

- **Perfiló grafos**

Los perfilográficos están equipados con una rueda sensible colocada en el centro del dispositivo para garantizar su movimiento vertical sin restricciones. La variación de un plano de referencia, establecido por el dispositivo perfilográficos, se registra en papel (automáticamente en algunos modelos) según el movimiento de la rueda sensible. Estos dispositivos se encuentran disponibles en varios tipos, diseños y configuraciones. (Badilla Vargas, 2009).

*Figura 9*

*Perfilógrafo California*



Fuente Romaro Internacional, S.A. de C.V

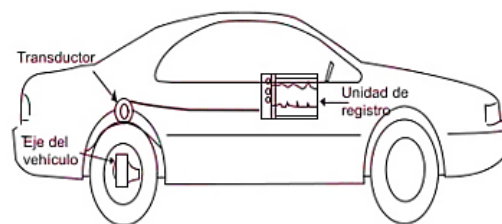
- **Equipos Tipo Respuesta (RTRRMS)**

Los dispositivos RTRRMS operan a la velocidad normal del tráfico de una carretera y registran los desplazamientos verticales del eje trasero del vehículo o del eje del remolque en relación con el chasis del vehículo. De esta manera, el dispositivo evalúa la respuesta (rebote) del vehículo a la uniformidad del camino, por lo que no proporciona una medición directa de la suavidad de la superficie. (Badilla Vargas, 2009).

**Figura 10**

*Equipos Tipo Respuesta (RTRRMS)*

*Componentes de equipos tipo respuesta*



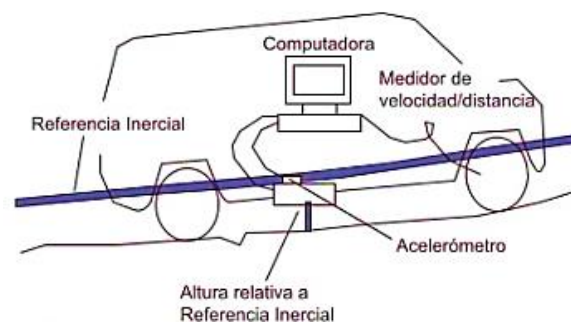
Fuente Adaptado de "A synopsis on the current equipment used for measuring pavement smoothness"

- **Perfilómetro Inercial**

Estos equipos de alto rendimiento proporcionan mediciones automáticas y precisas del perfil del camino, con una calidad superior. Las mediciones no se ven afectadas por cambios en el peso y la velocidad del vehículo, así como por la temperatura, el color y la textura del pavimento (Badilla Vargas, 2009).

**Figura 11**

*Perfilómetro Inercial*



Fuente (Badilla Vargas, 2009)





En la tabla siguiente se presentan las características principales de los equipos empleados para medir la regularidad de la superficie.

**Figura 12**

*Resumen de las principales características de los equipos*

| Equipo                          | Grado de precisión | Implementación   | Complejidad del equipo | Observaciones  |
|---------------------------------|--------------------|--|------------------------|--|
| Nivel y mira topográfica        | Muy alto           | Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos            | Simple                 | Poco práctico y costos muy elevados para proyectos largos  |
| Dipstick                        | Muy alto           | Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos            | Muy Simple             | Poco práctico y costos muy elevados para proyectos largos  |
| Perfilógrafos                   | Medio              | Control de calidad y recepción de obras                                | Simple                 | No son prácticos para evaluar la condición a nivel de red  |
| Equipos tipo respuesta (RTRRMS) | Medio              | Monitoreo de carreteras a nivel de red                                 | Compleja               | Los resultados no son transportables ni estables en el tiempo, pues dependen de la dinámica particular del movimiento del vehículo               |
| Perfilómetro inercial           | Muy alto           | Monitoreo de carreteras a nivel de red y recepción de proyectos viales | Muy Compleja           | Equipo de alta precisión, cuyos resultados son transportables y estables en el tiempo. Su principal uso es la evaluación de redes viales grandes |

Fuente Adaptado de "A synopsis on the current equipment used for measuring pavement smoothness"

#### 2.2.2.4. Equipo Merlín

EL equipo MERLIN (Machine for Evaluating Roughness Using Low-Cost Instrumentation), fue creado por el laboratorio británico de investigación de transporte y vías, TRRL, basándose en el principio del perfilómetro estático. Su objetivo era proporcionar un equipo de bajo costo, fácil de manejar y con un método de análisis sencillo. Aunque este equipo es altamente preciso, solo superado por el método topográfico, su mayor desventaja es su bajo rendimiento en comparación con otros rugosímetros dinámicos. Además, se requiere demasiado tiempo para medir carreteras o pistas de larga longitud, como aquellas de más de 100 km, especialmente cuando el tiempo es limitado.

En las naciones en desarrollo, el equipo MERLIN es muy popular debido a su bajo costo y la precisión de los datos suministrados. No obstante, es muy versátil y de gran utilidad siempre y cuando se resuelva el único inconveniente de su bajo desempeño en áreas extensas.



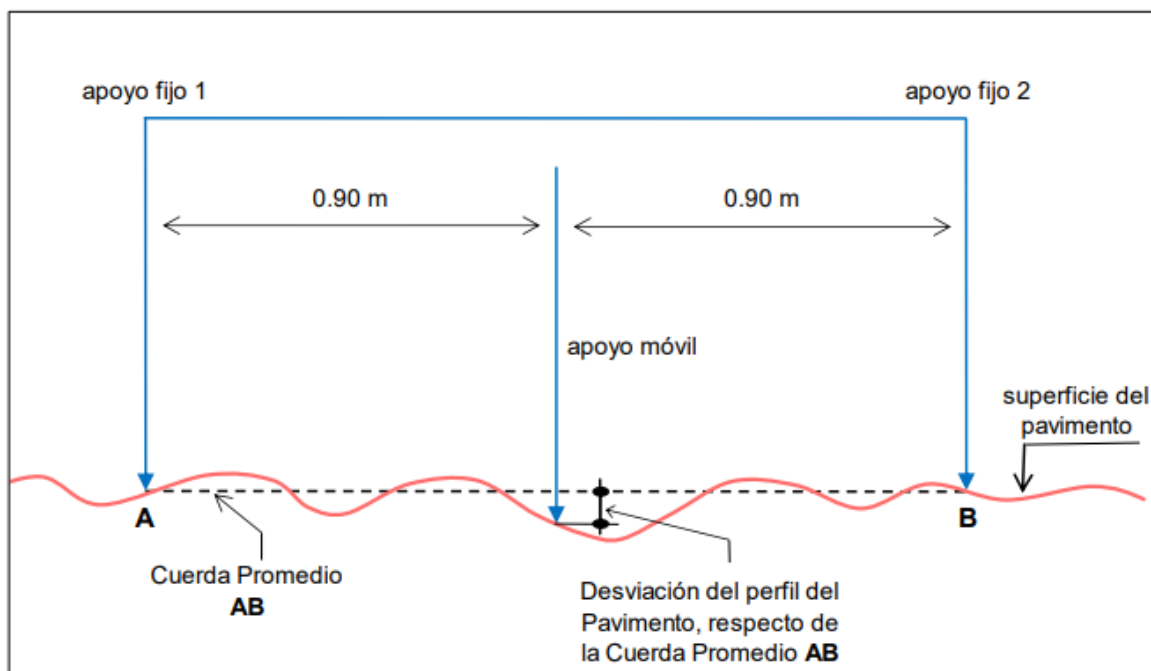
a) Determinación de la rugosidad

El cálculo de la rugosidad de un pavimento se fundamenta en la idea de emplear la dispersión de las variaciones de la superficie en relación a una línea media típica observar la tabla que sigue:

La medición de la rugosidad de una superficie pavimentada se basa en la idea de utilizar la dispersión de las desviaciones de la superficie en comparación con una línea media. Por favor, consulte la figura a continuación para obtener más información.

**Figura 13**

*Mediciones de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la*



Fuente (Badilla Vargas, 2009)

La desviación con respecto a la cuerda media se refiere a la variación vertical desde la superficie de camino hasta el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante.

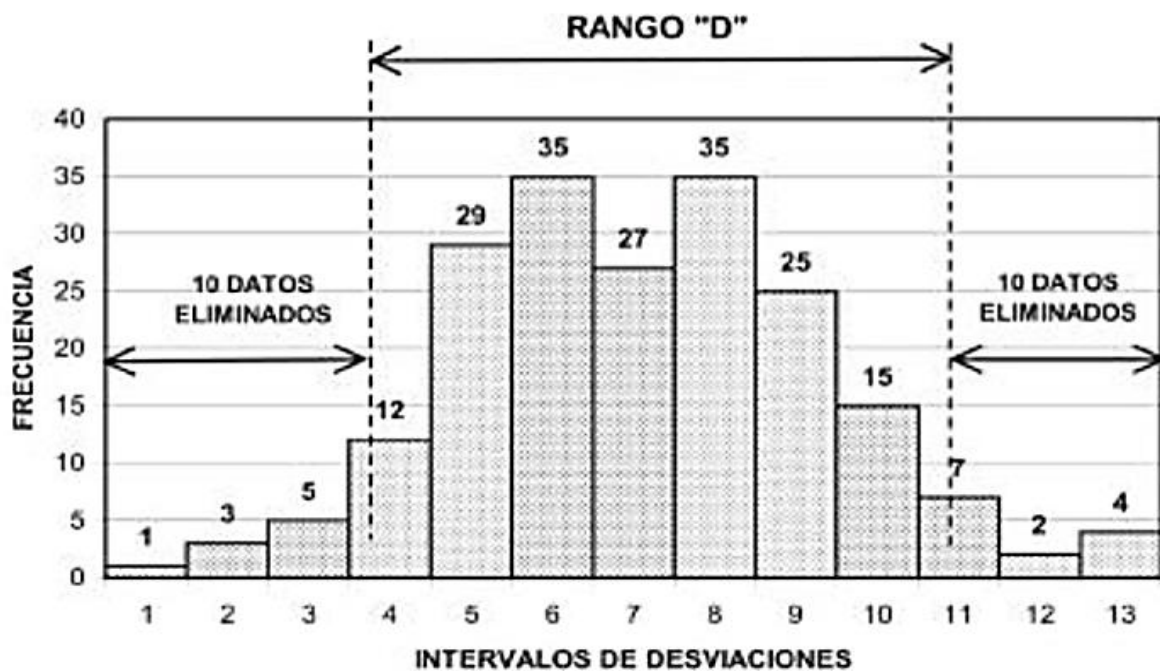
La desviación con respecto a la cuerda media se refiere la variación vertical desde la superficie del camino hasta el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante.

La longitud media de la cuerda se establece en 1.80 m, ya que esta medida proporciona resultados en las correlaciones. Se ha determinado que se debe realizar 200 mediciones

consecutivas de la cuerda, desviándose de su longitud media, y que debe haber un intervalo uniforme entre cada medición. Con estas condiciones se ve que a medida que la superficie se vuelve más rugosa aumenta la variabilidad de los desplazamientos. Representando gráficamente un histograma con la distribución de frecuencia de las 200 mediciones, se calcula la dispersión de las desviaciones y correlaciones con la escala estándar de la rugosidad. Consulte la tabla para más detalles.

**Figura 14**

*Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva*



Fuente (Badilla Vargas, 2009)

El parámetro estadístico utilizado en la amplitud de la variación es el rango de la muestra (D), y se calcula después de eliminar el 10% de las mediciones (10 datos en cada extremo del histograma). El valor de D representa el IRI en unidades de Merlín.

El concepto de utilizar la variación de la desviación de la superficie en relación a una cuerda media con una medida para analizar la aspereza de un pavimento no es una idea original ni fue creada por el TRRL (Laboratorio de Investigación de Carreteras y transportes). Varios índices de Rugosidad anteriores, como el conocido índice de Quarter-Car Index (QI), han sido propuestos por otros expertos utilizando el mismo principio.



**b. Correlación  $D$  versus  $IRI$**

a. Cuando  $2.4 < IRI < 15.9$ , entonces  $IRI = 0.593 + 0.0471 D$  (1)

b. Cuando  $IRI < 2.4$ , entonces  $IRI = 0.0485 D$  (2)

La expresión (1) es la ecuación original establecida por el TRRL (Laboratorio de Investigación de Carreteras y transportes) mediante simulaciones informáticas, utilizando un conjunto de datos del Experimento sobre IRI en Brasil en 1982. La Ecuación de interrelación se utiliza para la evaluación de carreteras en funcionamiento, se ve si la superficie de rodadura asfáltica, granula o de tierra, es su aspereza dentro de un rango específico.

El Objetivo de relacionar el IRI con la medida del uso de Merlín con el IRI, que es el parámetro utilizado para estandarizar resultados obtenidos de la amplia gama de equipos disponibles.

Al evaluar más de 3000 km de carreteras asfaltadas en la experiencia peruana, se estableció la expresión (2) como la ecuación de correlación. Se encontró que la fórmula original del TRRL no era adecuada para pavimentos nuevos o poco deformados; por consiguiente, se desarrolló una nueva ecuación utilizando la misma metodología que el laboratorio británico que se utiliza para garantizar la calidad de los pavimentos recién construidos.

$$IRI = 1.913 + 0.0490 D \quad (3)$$

**c. Normatividad peruana:**

Dentro de la normatividad peruana se encuentra el Manual de inventarios viales, el cual nos indica en la “Parte III: Inventario vial calificado” en cuyo “Capítulo 1: Equipamiento y procedimiento de medición”, en el acápite “1.2.4.

Perfilómetro laser”, los principales componentes del equipo, así como las condiciones y requerimientos para la medición del IRI está basado en la norma internacional ASTM 950 (Ministerio de Vivienda, 2010)

Así mismo, la norma peruana según Decreto Supremo N° 001-2010-VIVIENDA, del 13 de enero del 2010, indica en el Capítulo 3: “Técnicas De Investigación De Campo,



Ensayos De Laboratorio, Requisitos De Los Materiales Y Pruebas De Control”, Numeral 3.5 “CONTROL Y TOLERANCIA”, Sub numeral 3.5.4: “En la Carpeta Asfáltica terminada” ...literal; “Regularidad Superficial o Rugosidad”, lo siguiente:

- En carreteras de alta velocidad, y donde lo indique el PR (Proyecto de Referencia), se debe calcular la consistencia superficial de la superficie de circulación utilizando unidades IRI. La aspereza no debe superar los 2.5 m/km. En caso de incumplimiento, se deben revisar los equipos y métodos de distribución y compactación para tomar medidas correctivas y mejorar el acabado de la superficie de circulación (Ministerio de Vivienda, 2010).
- Para medir la rugosidad, se pueden utilizar herramientas como cintas métricas y niveles, instrumentos de medición de rugosidad, dispositivos para medir el perfil u otros procedimientos aceptables y aprobados por la entidad supervisora (Ministerio de Vivienda, 2010).
- La evaluación de la rugosidad en la superficie de la carretera finalizada debe realizarse a lo largo de toda su longitud, incluyendo ambas marcas de los vehículos. Se deben tomar notas de mediciones parciales cada kilómetro (Ministerio de Vivienda, 2010).
- La evaluación de la rugosidad de la superficie de asfalto finalizada se llevará a cabo al concluir la construcción como una medida final de garantía de calidad del pavimento y para la aceptación de la obra (Ministerio de Vivienda, 2010).

d. Especificaciones del índice de regularidad en el Perú (1995)

Durante el 10mo Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto, que tuvo lugar en Sevilla, España, se presentaron las especificaciones del IRI adoptadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú en 1995. Según el documento publicado, el control del IRI de los pavimentos en el  $IRI_c$ , el cual se calcula sumando el IRI promedio y el producto de la desviación estándar por el coeficiente estadístico de 1.645.

$$(IRI_c = IRI_{prom} + 1.645 D_{esv} E_{st}).$$

Calculado el IRI característico, el sector o tramo es aceptado si cumple con las siguientes condiciones:



- ❖ En tramos de pavimento de nueva construcción, el IRI<sub>c</sub> debe ser menor o igual a 2.0
- ❖ En tramos de refuerzo del pavimento (recape dos), el IRI<sub>c</sub> debe ser menor o igual a 2.5
- ❖ En tramos de sellado del pavimento, el IRI<sub>c</sub> deber ser menor o igual que 3.0

## 2.3. Hipótesis

### 2.3.1. Hipótesis General

El Índice de rugosidad influye significativamente en la velocidad y en el nivel de servicio de la vía Poroy-Izcuchaca

### 2.3.2. Hipótesis Especifica

#### 2.3.2.1. Hipótesis Especifica 01

El índice de Rugosidad de la vía Poroy-Izcuchaca reduce el porcentaje de velocidad de flujo libre obteniendo un Nivel de servicio B.

#### 2.3.2.2. Hipótesis Especifica 02

La Rugosidad de la superficie del pavimento en la vía Poroy-Izcuchaca está dentro del Índice con un rango de 4.0-5.0 de calificación mala.

#### 2.3.2.3. Hipótesis Especifica 03

El Índice de rugosidad de la vía Poroy-Izcuchaca tiene un nivel bajo de correlación estadística con la velocidad.

## 2.4. Definición de variables

### 2.4.1. Variables

#### Variable independiente

- Índice internacional de rugosidad (IRI)

Es un factor que mide la respuesta de un vehículo a las condiciones de una vía, es de utilidad para calibrar los equipos de medición de la regularidad superficial de un camino.

Indicador: Elevaciones en longitud

#### Variable dependiente

- Nivel de Servicio

Es la calidad del servicio que ofrece una vía a sus usuarios, que se refleja en grado de satisfacción o contrariedad que experimentan al usar la vía.



Indicador: Máxima intensidad, porcentaje de promedio de viaje (ATS), porcentaje de tiempo de seguimiento (PTSF)

- La Velocidad.

Es la velocidad de un vehículo en un momento determinado; además velocidad conseguida por el vehículo al recorrer un tramo determinado de la carretera.

Indicador: Velocidad menor a 90 Km/h, disminución de la velocidad respecto al IRI.

### 2.4.2. Cuadro de operacionalización de variables

| Operación de Variables                  |   |                                  |   |                                       |
|---|---|----------------------------------|---|---------------------------------------|
| Definición Conceptual de la Variable    | Definición Operacional de la Variable   | Dimensiones                      | Indicador   | Instrumento                           |
| <b>Variable Dependiente</b>             |   |                                  |   |                                       |
| Nivel de Servicio                       | Describe tan bien se encuentra en el nivel de servicio de transporte desde la perspectiva del usuario o de un viajero.  | Nivel de servicio A,B,C,D,E Y F. | Maxima intensidad porcentaje de promedio de viajes (ATS) porcentaje de tiempo de seguimiento (PTSF) porcentaje de la velocidad de flujo libre (PFFS). | Ficha de observacion de velocimetro   |
| Velocidad                               | Es la velocidad de un vehiculo en un momento determinado; además velocidad conseguida por el vehiculo al recorrer un tramo determinado de la carretera.             | < 90 km/h                        | Velocidad menor a 90 Km/h, disminución de la velocidad respecto al IRI.   |                                       |
| <b>Variable Independiente</b>           |   |                                  |   |                                       |
| Indice de Rugosidad Internacional (IRI) | Es un valor numerico que indica el estado del pavimento que varia desde cero (0), para un pavimento fallado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. | Nivel de Pavimento               | Elevaciones Longitudinales  | Ficha de observacion equipo de merlin |



## CAPITULO III

### MÉTODO

#### 3.3. Metodología de la Investigación

##### 3.3.1. Enfoque de la investigación

La presente investigación es cuantitativa ya que se midió fenómenos, se planteó hipótesis, y el proceso de la elaboración es sistemática.

##### 3.3.2. Nivel o alcance de la investigación

La presente investigación alcanzó los niveles: Relacional y descriptiva.

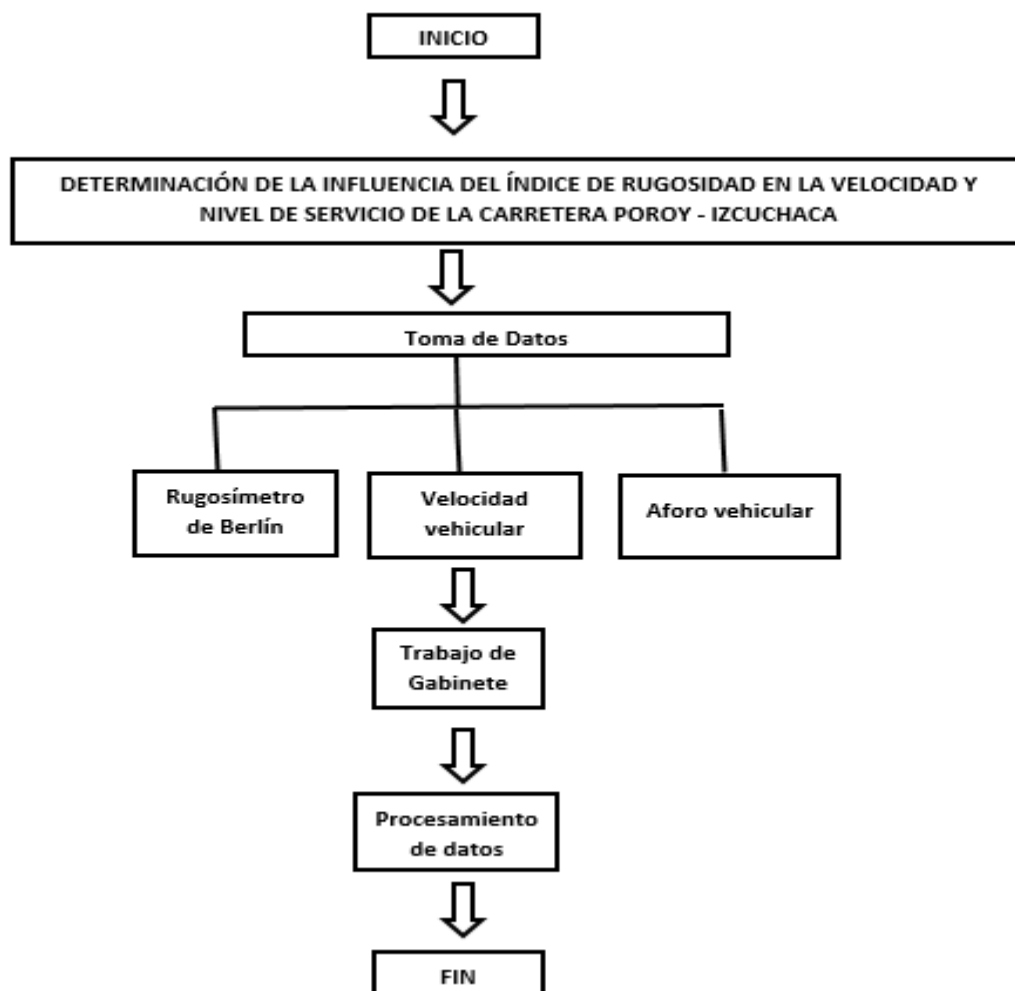
#### 3.4. Diseño de Investigación

##### 3.4.1. Diseño metodológico.

El estudio es de no experimental, no se pretende alterar las variables con el fin de descubrir el factor.

##### 3.4.2. Diseño de ingeniería

Figura 15







### **3.4.3. Población y Muestra**

#### **3.4.4. Población**

La población de la investigación está constituida por las velocidades de los vehículos que circulan por la vía Poroy-Izcuchaca. Se tomaron en cuenta, automóviles, camiones, bus y camionetas haciendo un total de 33251 vehículos.

#### **3.4.5. Muestra**

##### **3.4.5.1 Descripción y cuantificación de la muestra**

La muestra está constituida por las velocidades de los vehículos que circulan por la vía Poroy-Izcuchaca. Se tomaron en cuenta, automóviles, camiones

Recolectar información almacenada en fuentes escritas que se guarden relación directa con la dedición del IRI mediante el equipo de Merlín.

Norma ASSHTO 1993, DG-2018, Manual de transportes y comunicaciones (MTC), Manual de uso de Rugosímetro de Merlín y diseño geométrico de carreteras utilizadas por la norma peruana para el control de IRI.

Se determinó el nivel de servicio mediante la evaluación del comportamiento superficial del pavimento flexible en la vía Cajamarca – Baños del Inca, con el equipo de Merlín, el cual es aceptable por lo se cumple (Tesis: “Análisis del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de la Superficie de Pavimento Flexible de la Vía Cajamarca – Baños del Inca, utilizando el Rugosímetro de Merlín”, 2021, pág. 127).

Se encontró la escala de evaluación de 0 a 5; la evaluación con nota 5 significa una superficie perfecta al contrario una nota 0 significa intransitable.

La serviciabilidad se define como la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento por esta razón la opinión de ellos es la que se debe medir para calificar la serviciabilidad. (Tesis:” Determinación y Comparación de la Regularidad Superficial del Pavimento de la Carretera Cusco – Urcos, usando teléfonos Inteligentes y el Rugosímetro de Merlín, 2016, pág. 60).

Según el contrato de Concesión, los bienes y la infraestructura vial de la concesión deben de cumplir una serie de parámetro relacionados con el estado del pavimento, condiciones de drenajes, estado de las señales, calidad de la circulación y otros; dichos límites aceptables para cada indicador que se encuentran establecidos en el contrato de concesión.



Al respecto OSITRAN el encargado de supervisar en cumplimiento de los niveles deservicio y determinar si se mantienen dentro de los límites establecidos (Ositran, 1018, pág. 60).

### 3.4.5.2 Método de muestreo

El método de muestreo es no probabilístico o criterio del investigador.

### 3.4.5.3 Criterios de evaluación

Los elementos muestrales se evaluaron con un rugosímetro de Merlín, toma de datos de la velocidad vehicular con "bushnell speed radar GUN" (cada 800 m); El equipo Bushnell tiene una precisión de +/- 2 km/h y es capaz de medir velocidades de vehículos que se desplazan entre 16 y 322 km/h a una distancia de 457 metros.

### 3.4.5.4 Criterios de inclusión

Los elementos muestrales son los vehículos que transitan en la vía Poroy-Izcuchaca

## 3.5. Instrumentos

### 3.5.1. Instrumentos metodológicos.

Figura 16

**ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN  
(HOJA DE CAMPO)**

PROYECTO: \_\_\_\_\_ OPERADOR: \_\_\_\_\_  
 SECTOR: \_\_\_\_\_ SUPERVISOR: \_\_\_\_\_  
 TRAMO: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_  
 CARRIL: \_\_\_\_\_

ENSAYO N.º \_\_\_\_\_ KM \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ HORA \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_

|    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |  |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|--|
| 1  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | Tipo de pavimento: <input type="checkbox"/>  |
| 2  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | Afirmado <input type="checkbox"/>            |
| 3  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | Base Granular <input type="checkbox"/>       |
| 4  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | Base Imprimida <input type="checkbox"/>      |
| 5  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | Tratamiento Bicapa <input type="checkbox"/>  |
| 6  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | Carpeta en frio <input type="checkbox"/>     |
| 7  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | Carpeta en caliente <input type="checkbox"/> |
| 8  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | Recapeo asfaltico <input type="checkbox"/>   |
| 9  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | Sello <input type="checkbox"/>               |
| 10 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | Otro <input type="checkbox"/>                |
| 11 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
| 12 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
| 13 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
| 14 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
| 15 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
| 16 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
| 17 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
| 18 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
| 19 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
| 20 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |

OBSERVACIONES :  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



## MEDICIÓN PARA LA VELOCIDAD

Figura 17

|                         |                  |                |               |
|-------------------------|------------------|----------------|---------------|
| Nombre de la vía: _____ | Ensayo N°: _____ |                |               |
| Evaluado por: _____     | KM: _____        |                |               |
| Fecha: _____            | Hora: _____      |                |               |
| Tramo: _____            |                  |                |               |
| Dirección               | Automoviles km/h | Autobuses km/h | Camiones km/h |
| 1                       |                  |                |               |
| 2                       |                  |                |               |
| 3                       |                  |                |               |
| 4                       |                  |                |               |
| 5                       |                  |                |               |
| 6                       |                  |                |               |
| 7                       |                  |                |               |
| 8                       |                  |                |               |
| 9                       |                  |                |               |
| 10                      |                  |                |               |
| 11                      |                  |                |               |
| 12                      |                  |                |               |
| 13                      |                  |                |               |
| 14                      |                  |                |               |
| 15                      |                  |                |               |
| 16                      |                  |                |               |
| 17                      |                  |                |               |
| 18                      |                  |                |               |
| 19                      |                  |                |               |
| 20                      |                  |                |               |
| 21                      |                  |                |               |
| 22                      |                  |                |               |
| 23                      |                  |                |               |
| 24                      |                  |                |               |
| 25                      |                  |                |               |
| TOTAL                   |                  |                |               |

### 3.5.2. Instrumentos de ingeniería

- Rugosímetro de Merly
- Medidor de velocidad: Equipo Bushnell
- Cronómetro
- Cinta métrica

### 3.6. Procedimientos de Recolección y Análisis de Datos

#### 3.6.1. Procedimiento realizado para la recolección de datos

Para llevar a cabo el estudio, se realizan 200 mediciones cada dos metros de distancia, lo que representa una vuelta completa de la rueda del instrumento Merlín. Estas mediciones se realizan siguiendo la huella perimetral dejada por los vehículos en el pavimento, lo que nos permite observar las imperfecciones presentes en la superficie del

mismo (Del Águila Rodríguez, 1999).

El diseño consta de una estructura de 20 filas y 10 columnas, donde los datos se llenan en orden ascendente de izquierda a derecha. Se agregan los datos proporcionados por el dispositivo Merlín en intervalos de 1 a 50. La evaluación se realiza de manera constante a una velocidad promedio de 2 km/h (Del Águila Rodríguez, 1999).

Para la evaluación, se tomaron en cuenta 11 tramos similares, con una distancia de 0.4 km por carril, lo que resulta en un total de 0.800 km por cada tramo de recopilación de datos. Esta información se muestra en la tabla 20.

Para la evaluación, se tomará en cuenta 11 tramos similares, con distancias de 0.4 km por carril por consiguiente 800 km por cada tramo de recopilado en datos. Esta información se encuentra en la tabla N° 20.

### **Figura 18**

#### **Tramos de la carretera Poroy – Izcuchaca**



*Nota. En el grafico se observa el tramo de la carretera (fuente: Google Earth)*



**Tabla 18**

*Tramos evaluados de la carretera Poroy – Izcuchaca*

| Tramo     | Kilómetro | Cota Inicial      | Cota Final        | Cota Inicial        | Cota Final          |
|-----------|-----------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
|           |           | Dirección Derecha | Dirección Derecha | Dirección Izquierda | Dirección Izquierda |
| Tramo 01: | 955+000   | 0.8               | 955+000           | 955+400             | 955+800             |
| Tramo 02: | 954+000   | 0.8               | 954+000           | 954+400             | 954+800             |
| Tramo 03: | 953+000   | 0.8               | 953+000           | 953+400             | 953+800             |
| Tramo 04: | 952+000   | 0.8               | 952+000           | 952+400             | 952+800             |
| Tramo 05: | 951+000   | 0.8               | 951+000           | 951+400             | 951+800             |
| Tramo 06: | 950+000   | 0.8               | 950+000           | 950+400             | 950+800             |
| Tramo 07: | 949+000   | 0.8               | 949+000           | 949+400             | 949+800             |
| Tramo 08: | 948+000   | 0.8               | 948+000           | 948+400             | 948+800             |
| Tramo 09: | 947+000   | 0.8               | 947+000           | 947+400             | 947+800             |
| Tramo 10: | 946+000   | 0.8               | 946+000           | 946+400             | 946+800             |
| Tramo 11: | 945+000   | 0.8               | 945+000           | 945+400             | 945+800             |

*Nota. En la tabla se describe los 11 tramos de 0.80 km cada uno.*

La hoja de registro se utilizó siguiendo el esquema de la técnica de Pablo del Águila Rodríguez para calcular la rugosidad de las superficies, tal como se ilustra en la figura 16.

En campo se realizó el levantamiento de la rugosidad en los kilómetros obteniendo un índice de rugosidad como se observa en la tabla 21.



Tabla 19

Índice de Rugosidad Internacional por Tramos

|                  | <i>Tramo</i>             | <i>Dirección</i> | <i>Índice de Rugosidad</i> |
|------------------|--------------------------|------------------|----------------------------|
| <i>Tramo 01:</i> | <i>955+000 - 955+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>3.44</i>                |
|                  | <i>955+800 - 955+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>2.7</i>                 |
| <i>Tramo 02:</i> | <i>954+000 - 954+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>3.52</i>                |
|                  | <i>954+800 - 954+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.31</i>                |
| <i>Tramo 03:</i> | <i>953+000 - 954+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>3.6</i>                 |
|                  | <i>954+800 - 954+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.75</i>                |
| <i>Tramo 04:</i> | <i>952+000 - 952+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>3.21</i>                |
|                  | <i>954+800 - 952+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.28</i>                |
| <i>Tramo 05:</i> | <i>951+000 - 951+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>3.16</i>                |
|                  | <i>951+800 - 951+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.07</i>                |
| <i>Tramo 06:</i> | <i>950+000 - 950+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>3.79</i>                |
|                  | <i>950+800 - 950+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.7</i>                 |
| <i>Tramo 07:</i> | <i>949+000 - 949+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>3.14</i>                |
|                  | <i>949+800 - 949+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>2.98</i>                |
| <i>Tramo 08:</i> | <i>948+000 - 948+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>4.07</i>                |
|                  | <i>948+800 - 948+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.7</i>                 |
| <i>Tramo 09:</i> | <i>947+000 - 947+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>2.91</i>                |
|                  | <i>947+800 - 947+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.13</i>                |
| <i>Tramo 10:</i> | <i>946+000 - 946+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>4.25</i>                |
|                  | <i>946+800 - 946+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.1</i>                 |
| <i>Tramo 11:</i> | <i>945+000 - 945+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>2.41</i>                |
|                  | <i>945+800 - 945+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.08</i>                |

**Técnica en la recolección de datos de la velocidad**

El programa de asistencia técnica en transporte urbano para ciudades medias mexicanas (Dirección Regional de Ordenación del Territorio, 2000) recomienda una técnica de recolección de datos de velocidad que implica levantamientos en campo representativos y aleatorios. Para asegurar la calidad de los datos, se sugiere observar el primer vehículo en un pelotón, evitar un exceso de presencia de vehículos pesados en relación al flujo de tráfico y controlar el muestreo de vehículos de alta velocidad. En la recolección de datos se utilizó el medidor de velocidad "Bushnell speed radar Gun" y una ficha de observación, tal como se muestra en la figura 23. El equipo Bushnell tiene una precisión de +/- 2 km/h y es capaz de medir velocidades de vehículos que se desplazan entre 16 y 322 km/h a una distancia de 457 metros.





En el enfoque aplicado, se utiliza el percentil 85 por ciento (Gallegos López, 1997) para examinar y estimar la velocidad de flujo libre, como se muestra en la tabla 22.

**Tabla 20**

*Velocidad percentil 85 por tramo*

| <i>Tramo</i>                       | <i>Dirección</i> | <i>VELOCIDAD</i>             |
|------------------------------------|------------------|------------------------------|
|                                    |                  | <i>85 percentil<br/>Km/h</i> |
| <i>Tramo 01: 955+000 - 955+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>71</i>                    |
| <i>955+800 - 955+400</i>           | <i>Izquierda</i> | <i>75</i>                    |
| <i>Tramo 02: 954+000 - 954+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>62</i>                    |
| <i>954+800 - 954+400</i>           | <i>Izquierda</i> | <i>83</i>                    |
| <i>Tramo 03: 953+000 - 954+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>73</i>                    |
| <i>954+800 - 954+400</i>           | <i>Izquierda</i> | <i>97</i>                    |
| <i>Tramo 04: 952+000 - 952+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>85</i>                    |
| <i>954+800 - 952+400</i>           | <i>Izquierda</i> | <i>83</i>                    |
| <i>Tramo 05: 951+000 - 951+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>89</i>                    |
| <i>951+800 - 951+400</i>           | <i>Izquierda</i> | <i>94</i>                    |
| <i>Tramo 06: 950+000 - 950+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>91</i>                    |
| <i>950+800 - 950+400</i>           | <i>Izquierda</i> | <i>90</i>                    |
| <i>Tramo 07: 949+000 - 949+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>93</i>                    |
| <i>949+800 - 949+400</i>           | <i>Izquierda</i> | <i>91</i>                    |
| <i>Tramo 08: 948+000 - 948+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>98</i>                    |
| <i>948+800 - 948+400</i>           | <i>Izquierda</i> | <i>85</i>                    |
| <i>Tramo 09: 947+000 - 947+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>81</i>                    |
| <i>947+800 - 947+400</i>           | <i>Izquierda</i> | <i>82</i>                    |
| <i>Tramo 10: 946+000 - 946+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>80</i>                    |
| <i>946+800 - 946+400</i>           | <i>Izquierda</i> | <i>78</i>                    |
| <i>Tramo 11: 945+000 - 945+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>72</i>                    |
| <i>945+800 - 945+400</i>           | <i>Izquierda</i> | <i>68</i>                    |

*Nota. En la tabla se observa por dirección de cada tramo la velocidad 85 percentil.*

### **Validez y confiabilidad de instrumentos**

El instrumento Merlín se utiliza junto con las fichas de observación desarrolladas por Pablo del Águila Rodríguez (Del Águila Rodríguez, 1999) como una herramienta para medir la rugosidad de los pavimentos.

### **Plan de Análisis de datos.**

Se realiza la correlación entre velocidad y rugosidad utilizando los datos de la tabla 23 para el plan de análisis de datos.





**Tabla 21**

*Datos de la rugosidad y velocidad de la vía*

|                  | <i>Tramo</i>             | <i>Dirección</i> | <i>Índice de Rugosidad</i> | <i>Velocidad</i> |
|------------------|--------------------------|------------------|----------------------------|------------------|
| <i>Tramo 01:</i> | <i>955+000 - 955+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>3.44</i>                | <i>71</i>        |
|                  | <i>955+800 - 955+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>2.7</i>                 | <i>75</i>        |
| <i>Tramo 02:</i> | <i>954+000 - 954+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>3.52</i>                | <i>62</i>        |
|                  | <i>954+800 - 954+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.31</i>                | <i>83</i>        |
| <i>Tramo 03:</i> | <i>953+000 - 954+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>3.6</i>                 | <i>73</i>        |
|                  | <i>954+800 - 954+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.75</i>                | <i>97</i>        |
| <i>Tramo 04:</i> | <i>952+000 - 952+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>3.21</i>                | <i>85</i>        |
|                  | <i>954+800 - 952+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.28</i>                | <i>83</i>        |
| <i>Tramo 05:</i> | <i>951+000 - 951+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>3.16</i>                | <i>89</i>        |
|                  | <i>951+800 - 951+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.07</i>                | <i>94</i>        |
| <i>Tramo 06:</i> | <i>950+000 - 950+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>3.79</i>                | <i>91</i>        |
|                  | <i>950+800 - 950+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.7</i>                 | <i>90</i>        |
| <i>Tramo 07:</i> | <i>949+000 - 949+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>3.14</i>                | <i>93</i>        |
|                  | <i>949+800 - 949+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>2.98</i>                | <i>91</i>        |
| <i>Tramo 08:</i> | <i>948+000 - 948+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>4.07</i>                | <i>98</i>        |
|                  | <i>948+800 - 948+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.7</i>                 | <i>85</i>        |
| <i>Tramo 09:</i> | <i>947+000 - 947+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>2.91</i>                | <i>81</i>        |
|                  | <i>947+800 - 947+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.13</i>                | <i>82</i>        |
| <i>Tramo 10:</i> | <i>946+000 - 946+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>4.25</i>                | <i>80</i>        |
|                  | <i>946+800 - 946+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.1</i>                 | <i>78</i>        |
| <i>Tramo 11:</i> | <i>945+000 - 945+400</i> | <i>Derecha</i>   | <i>2.41</i>                | <i>72</i>        |
|                  | <i>945+800 - 945+400</i> | <i>Izquierda</i> | <i>3.08</i>                | <i>68</i>        |

*Nota. En la tabla se observa los valores del índice de rugosidad y velocidad que serán correlacionados.*

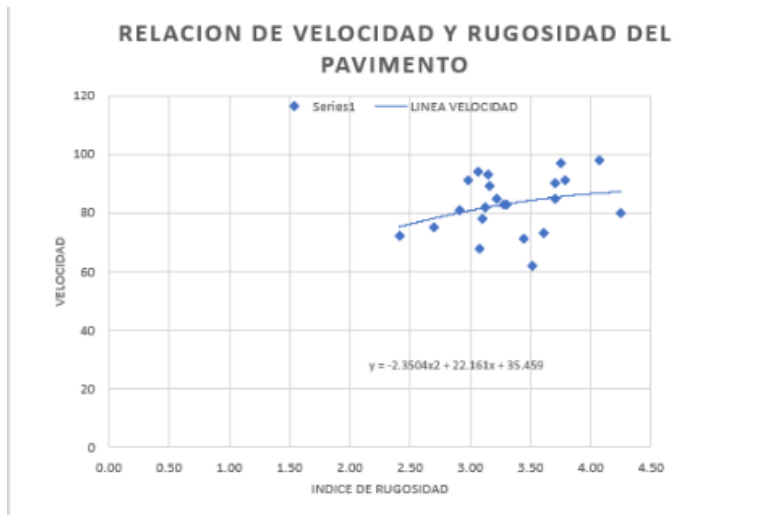
$$Y = -2.3504x^2 + 22.161x + 35.459..... (a)$$

Al realizar la correlación de los datos de la tabla 11, se obtiene un coeficiente de determinación R de 0.2884. En tabla 24 se observa que el eje horizontal representa la rugosidad y el eje vertical la velocidad. La correlación se ajusta a una curva polinómica se segundo grado y se determina la formula correspondiente.



**Tabla 22**

*Correlación de velocidad y rugosidad del pavimento*



*Nota. En la tabla se observa la correlación de velocidad y rugosidad del pavimento.*

Según las regulaciones de tránsito, la velocidad ideal en carretera es de 90 km/h. Existe una ecuación de relaciona la rugosidad de la carretera con la velocidad, la cual establece la condición de la velocidad debe reducirse; dicha relación se presenta en la tabla 25

**Tabla 23**

*Condición de disminución de velocidad*

| <i>IFI (m/km)</i> | <i>DISMINUCION DE VELOCIDAD km/h</i> |
|-------------------|--------------------------------------|
| 3.44              | 6.133                                |
| 2.7               | 11.885                               |
| 3.52              | 5.669                                |
| 3.31              | 6.961                                |
| 3.6               | 5.198                                |
| 3.75              | 4.478                                |
| 3.21              | 7.605                                |
| 3.28              | 7.129                                |
| 3.16              | 7.989                                |
| 3.07              | 8.687                                |
| 3.79              | 4.324                                |
| 3.7               | 4.735                                |
| 3.14              | 8.105                                |
| 2.98              | 9.345                                |
| 4.07              | 3.275                                |
| 3.7               | 4.71                                 |
| 2.91              | 9.957                                |
| 3.13              | 8.238                                |
| 4.25              | 2.814                                |
| 3.1               | 8.393                                |
| 2.41              | 14.776                               |
| 3.08              | 8.582                                |

*Nota. En la tabla se observa la condición de disminución de velocidad, con los valores obtenidos se procede a realizar una segunda correlación.*

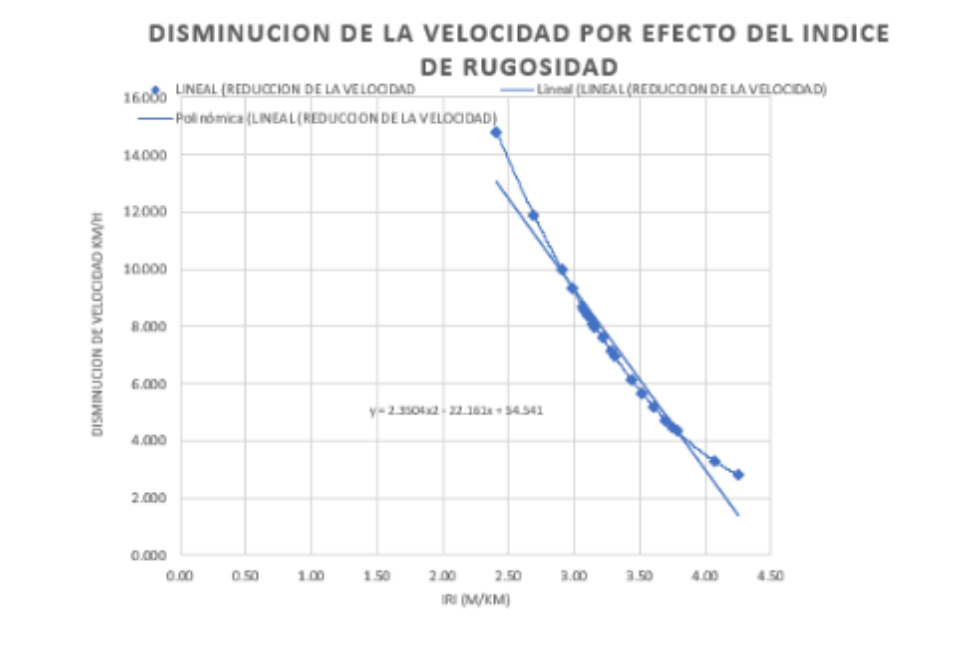


Se realiza una correlación y se obtiene un coeficiente de determinación  $R^2$  de 0.9783 en la tabla 26. En dicha tabla el eje “x” representa el Índice de Rugosidad de la carretera y el eje “y” representa la disminución de la velocidad; obteniendo una ecuación:

$$Y = 2.3504x^2 - 22.161x + 54.541 \dots (b)$$

**Tabla 24**

*Disminución de la velocidad por efecto del índice de rugosidad*



*.Nota. En la tabla se puede observar la disminución de la velocidad por efecto del índice de rugosidad.*

La tabla 26 se puede apreciar la reducción de la velocidad al emplear la fórmula (a), mientras que la fórmula (b) no requiere disminuir la velocidad óptima como se hace en la fórmula (a), obteniendo lo deseable que se reflejan en la tabla 32.

La correlación entre las variables de velocidad y rugosidad de la carretera arroja un coeficiente de correlación de 0.2884, lo cual indica una correlación débil entre ambas variables. Sin embargo, al utilizar un polinomio de segundo grado y analizar la disminución de velocidad con diferentes valores del IRI a una velocidad constante de 90 km/h, se obtienen los resultados que se presentan en la tabla 32. Al correlacionar nuevamente estos nuevos valores se observa una correlación fuerte con un coeficiente de correlación de 0.9783.



**Tabla 25**

*Plan de análisis de datos*

| <i>Hipótesis a serprobadada</i>   | <i>Hipótesis Nula</i>  | <i>Nivel de significancia</i> | <i>Estadística dePrueba</i> | <i>Regla de Decisión</i> |
|---|--|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| <i>El índice de rugosidad de la vía tiene un alto nivel de correlación estadística con la velocidad</i> | <i>El índice de rugosidad de la vía tiene un altonivel de correlación estadística con la velocidad</i> | <i>0.2854</i>                 | <i>Pearson</i>              | <i>0.10</i>              |

*Nota. En la tabla se observa el nivel de significancia que es 0.2854 y la estadística de prueba fue mediante Pearson.*

Con las nuevas directrices del IRI y la disminución de la velocidad, se han aumentado el polinomio de segundo grado en la fórmula de velocidad de flujo libre con mayor tasa de flujo (ecu. 2-15) y en la velocidad de flujo libre estimada (ecu. 2-16), lo que resulta en un efecto negativo.

### **Análisis de la Velocidad de Flujo Libre**

Para determinar el Nivel de Servicio, se debe calcular la velocidad de flujo libre. Para lograr estos, se puede utilizar la ecuación 2-1, para velocidad de tránsito en flujo alto (cuando hay más de 200 vehículos por hora) o la ecuación 2-2 para estimar la velocidad de diseño o estándar.

$$FFS = S_{FM} + 0.00776 \frac{V}{F_{HV,ATS}} \quad 2-1$$

Dónde:

FFS = Velocidad de flujo libre (mi/h)

$F_{HV,ATS}$  = Factor de ajuste de vehículos pesados para ATS

V = Velocidad de flujo de la demanda total, ambas direcciones, durante el periodo que se tomó la muestra de velocidades (veh/h)

$S_{FM}$  = Velocidad media de la muestra ( $V > 200$  veh/h), en mi/h



Después de determinar el nivel de servicio la ecuación 2-1, llevamos a cabo el coeficiente de rugosidad ( $Y = 2.3504x^2 - 22.161x + 54.541$ ), tal como se puede observar a continuación


$$FFS = S_{FM} + 0.00776 \frac{V}{F_{HV,ATS}} - fr \quad 2-15$$

Dónde:

|              |   |   |
|--------------|---|---|
| $FFS$        | = | Velocidad de flujo libre (mi/h)   |
| $F_{HV,ATS}$ | = | Factor de ajuste de vehículos pesados para ATS  |
| $V$          | = | Velocidad de flujo de la demanda total,<br>ambas direcciones, durante el periodo que se<br>tomó la muestra de velocidades (veh/h) |
| $S_{FM}$     | = | Velocidad media de la muestra ( $V > 200$ veh/h), en mi/h   |
| $fr$         | = | Factor de la rugosidad (IRI), en mi/h   |



ANALISIS DE DATOS

| DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL<br>DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |            | <br>Universidad<br>Andina<br>del Cusco |                                     |
|--|----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|--|-------------------------------------|
| Nombre de la Vía:  | POROY - IZCUCHACA                |    |    |    |    |    |    |    |    | Ensayo N°: | 1  |                                     |
| Evaluado por :   | Stevent Quelopana - René Rojas   |    |    |    |    |    |    |    |    | KM:        | 955+000 - 955+400  |                                     |
| Fecha:   | 11/09/2022                       |    |    |    |    |    |    |    |    | Hora:      | 7:00 a. m.   |                                     |
| Tramo:   | 955+00 - 954+000                 |    |    |    |    |    |    |    |    |            |  |                                     |
| Carril :   | LADO DERECHO (POROY - IZCUCHACA) |    |    |    |    |    |    |    |    |            |  |                                     |
|  | 1                                | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10         |  |                                     |
| 1  | 26                               | 27 | 27 | 29 | 29 | 33 | 26 | 30 | 23 | 26         | TIPO DE PAVIMENTO :  |                                     |
| 2  | 29                               | 27 | 26 | 28 | 25 | 29 | 25 | 25 | 27 | 29         |  |                                     |
| 3  | 27                               | 33 | 27 | 29 | 29 | 28 | 27 | 24 | 28 | 27         | Afirmado   | <input type="checkbox"/>            |
| 4  | 27                               | 29 | 31 | 28 | 27 | 26 | 31 | 31 | 28 | 29         |  |                                     |
| 5  | 28                               | 26 | 28 | 29 | 27 | 27 | 27 | 26 | 30 | 29         | Base Granular  | <input type="checkbox"/>            |
| 6  | 29                               | 29 | 26 | 28 | 29 | 28 | 27 | 28 | 26 | 28         |  |                                     |
| 7  | 28                               | 27 | 26 | 31 | 27 | 26 | 27 | 27 | 28 | 31         | Base Imprimada   | <input type="checkbox"/>            |
| 8  | 29                               | 28 | 23 | 26 | 26 | 28 | 29 | 26 | 28 | 22         |  |                                     |
| 9  | 22                               | 27 | 28 | 27 | 29 | 27 | 29 | 27 | 27 | 28         | Tratamiento Bicapa   | <input type="checkbox"/>            |
| 10   | 29                               | 29 | 25 | 30 | 26 | 28 | 30 | 27 | 25 | 30         |  |                                     |
| 11   | 34                               | 25 | 31 | 28 | 27 | 28 | 26 | 27 | 30 | 30         | Carpeta en Frio  | <input type="checkbox"/>            |
| 12   | 29                               | 29 | 29 | 28 | 27 | 28 | 28 | 26 | 27 | 27         |  |                                     |
| 13   | 28                               | 27 | 26 | 25 | 26 | 27 | 26 | 28 | 26 | 30         | Carpeta en Caliente  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14   | 30                               | 27 | 25 | 26 | 28 | 29 | 29 | 27 | 28 | 25         |  |                                     |
| 15   | 27                               | 26 | 34 | 27 | 24 | 29 | 29 | 28 | 29 | 28         | Recapeo Asfaltico  | <input type="checkbox"/>            |
| 16   | 27                               | 27 | 34 | 28 | 28 | 31 | 25 | 25 | 26 | 27         |  |                                     |
| 17   | 23                               | 27 | 24 | 27 | 22 | 27 | 27 | 32 | 27 | 29         | Sello  | <input type="checkbox"/>            |
| 18   | 25                               | 24 | 26 | 29 | 29 | 34 | 30 | 31 | 28 | 28         |  |                                     |
| 19   | 29                               | 30 | 27 | 29 | 32 | 17 | 28 | 25 | 27 | 27         | Otros  | <input type="checkbox"/>            |
| 20   | 35                               | 30 | 26 | 29 | 23 | 30 | 31 | 28 | 28 | 27         |  |                                     |
| Observaciones:   |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |            |  |                                     |
|  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |            |  |                                     |
|  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |            |  |                                     |
|  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |            |  |                                     |
|  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |            |  |                                     |



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



|                   |                                  |            |                   |
|-------------------|----------------------------------|------------|-------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                | Ensayo N°: | 1                 |
| Evaluated por :   | Stevent Quelopana - René Rojas   | KM:        | 955+800 - 955+400 |
| Fecha:            | 11/09/2022                       | Hora:      | 8:00 a. m.        |
| Tramo:            | 955+00 - 954+000                 |            |                   |
| Carril :          | LADO IZQUIERDO (PORY -IZCUCHACA) |            |                   |

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |   |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 1  | 26 | 29 | 27 | 28 | 27 | 29 | 28 | 25 | 28 | 26 | TIPO DE PAVIMENTO :                                     |
| 2  | 28 | 26 | 28 | 28 | 26 | 29 | 29 | 29 | 28 | 30 |   |
| 3  | 27 | 28 | 27 | 26 | 28 | 27 | 27 | 24 | 29 | 31 | Afirmado <input type="checkbox"/>                       |
| 4  | 30 | 27 | 26 | 29 | 28 | 27 | 27 | 28 | 27 | 28 |   |
| 5  | 27 | 25 | 28 | 29 | 29 | 30 | 28 | 26 | 29 | 29 | Base Granular <input type="checkbox"/>                  |
| 6  | 28 | 27 | 30 | 27 | 31 | 27 | 28 | 30 | 29 | 27 |   |
| 7  | 28 | 28 | 29 | 26 | 26 | 27 | 24 | 28 | 29 | 26 | Base Imprimada <input type="checkbox"/>                 |
| 8  | 27 | 28 | 28 | 27 | 28 | 28 | 30 | 28 | 29 | 28 |   |
| 9  | 28 | 27 | 29 | 26 | 26 | 29 | 28 | 27 | 29 | 28 | Tratamiento Bicapa <input type="checkbox"/>             |
| 10 | 28 | 29 | 28 | 27 | 26 | 28 | 29 | 28 | 26 | 26 |   |
| 11 | 28 | 26 | 29 | 27 | 29 | 29 | 27 | 27 | 29 | 27 | Carpeta en Frio <input type="checkbox"/>                |
| 12 | 27 | 29 | 29 | 28 | 27 | 28 | 25 | 28 | 27 | 26 |   |
| 13 | 27 | 29 | 29 | 28 | 25 | 27 | 28 | 27 | 26 | 24 | Carpeta en Caliente <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14 | 29 | 28 | 29 | 26 | 30 | 26 | 29 | 28 | 27 | 29 |   |
| 15 | 27 | 28 | 29 | 28 | 29 | 27 | 30 | 27 | 27 | 29 | Recapeo Asfáltico <input type="checkbox"/>              |
| 16 | 27 | 26 | 26 | 28 | 28 | 29 | 27 | 30 | 30 | 28 |   |
| 17 | 27 | 27 | 24 | 28 | 29 | 27 | 28 | 28 | 27 | 28 | Sello <input type="checkbox"/>                          |
| 18 | 27 | 26 | 24 | 31 | 28 | 28 | 27 | 28 | 26 | 30 |   |
| 19 | 26 | 30 | 29 | 27 | 26 | 30 | 26 | 28 | 28 | 29 | Otros <input type="checkbox"/>                          |
| 20 | 28 | 28 | 26 | 27 | 29 | 27 | 36 | 26 | 30 | 31 |   |

Observaciones:

---



---



---



---





DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                 |            |                   |
|-------------------|---------------------------------|------------|-------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA               | Ensayo N°: | 1                 |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas  | KM:        | 954+000 - 954+400 |
| Fecha:            | 11/09/2022                      | Hora:      | 9:30 a. m.        |
| Tramo:            | 954+000 - 953+000               |            |                   |
| Carril :          | LADO DERECHO (POROY -IZCUCHACA) |            |                   |

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                     |                                     |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|-------------------------------------|
| 1  | 27 | 28 | 29 | 28 | 26 | 22 | 32 | 27 | 27 | 27 | TIPO DE PAVIMENTO : |                                     |
| 2  | 27 | 27 | 32 | 28 | 24 | 23 | 28 | 26 | 28 | 27 |                     |                                     |
| 3  | 28 | 27 | 26 | 30 | 33 | 32 | 25 | 29 | 26 | 28 | Afirmado            | <input type="checkbox"/>            |
| 4  | 28 | 28 | 28 | 27 | 26 | 29 | 33 | 28 | 27 | 26 |                     |                                     |
| 5  | 26 | 30 | 26 | 27 | 29 | 26 | 25 | 28 | 28 | 26 | Base Granular       | <input type="checkbox"/>            |
| 6  | 29 | 27 | 27 | 31 | 28 | 29 | 25 | 28 | 29 | 27 |                     |                                     |
| 7  | 28 | 29 | 28 | 27 | 27 | 30 | 27 | 28 | 27 | 28 | Base Imprimada      | <input type="checkbox"/>            |
| 8  | 29 | 26 | 29 | 28 | 22 | 31 | 26 | 26 | 26 | 27 |                     |                                     |
| 9  | 27 | 25 | 29 | 28 | 28 | 25 | 28 | 29 | 29 | 28 | Tratamiento Bicapa  | <input type="checkbox"/>            |
| 10 | 28 | 29 | 26 | 27 | 24 | 31 | 27 | 28 | 27 | 29 |                     |                                     |
| 11 | 28 | 30 | 29 | 27 | 27 | 30 | 27 | 28 | 28 | 29 | Carpeta en Frío     | <input type="checkbox"/>            |
| 12 | 28 | 25 | 27 | 31 | 26 | 27 | 26 | 27 | 28 | 29 |                     |                                     |
| 13 | 30 | 28 | 29 | 28 | 26 | 27 | 29 | 28 | 26 | 28 | Carpeta en Caliente | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14 | 25 | 27 | 29 | 27 | 30 | 28 | 28 | 28 | 26 | 29 |                     |                                     |
| 15 | 27 | 30 | 28 | 26 | 32 | 15 | 27 | 28 | 26 | 30 | Recapeo Asfáltico   | <input type="checkbox"/>            |
| 16 | 27 | 27 | 30 | 28 | 28 | 27 | 25 | 28 | 26 | 26 |                     |                                     |
| 17 | 28 | 30 | 28 | 27 | 32 | 22 | 32 | 28 | 28 | 26 | Sello               | <input type="checkbox"/>            |
| 18 | 25 | 27 | 31 | 32 | 25 | 30 | 26 | 27 | 27 | 29 |                     |                                     |
| 19 | 33 | 28 | 23 | 28 | 34 | 30 | 31 | 28 | 27 | 26 | Otros               | <input type="checkbox"/>            |
| 20 | 29 | 29 | 28 | 28 | 22 | 26 | 28 | 27 | 27 | 29 |                     |                                     |

Observaciones:



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
|-------------------|----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|-------------------------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Ensayo N°:          | 1                                   |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | KM:                 | 954+800 - 954+400                   |
| Fecha:            | 11/09/2022                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Hora:               | 10:15 a. m.                         |
| Tramo:            | 954+000 - 953+000                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
| Carril :          | LADO IZQUIERDO (PORY -IZCUCHACA) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
|                   | 1                                | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                     |                                     |
| 1                 | 25                               | 27 | 27 | 26 | 32 | 26 | 27 | 28 | 29 | 32 | TIPO DE PAVIMENTO : |                                     |
| 2                 | 31                               | 27 | 26 | 28 | 28 | 29 | 25 | 25 | 27 | 26 |                     |                                     |
| 3                 | 27                               | 27 | 30 | 28 | 22 | 26 | 27 | 29 | 29 | 28 | Afirmado            | <input type="checkbox"/>            |
| 4                 | 28                               | 27 | 29 | 28 | 29 | 25 | 27 | 29 | 28 | 27 |                     |                                     |
| 5                 | 27                               | 28 | 28 | 28 | 30 | 26 | 26 | 31 | 28 | 26 | Base Granular       | <input type="checkbox"/>            |
| 6                 | 26                               | 28 | 27 | 29 | 29 | 28 | 30 | 27 | 27 | 30 |                     |                                     |
| 7                 | 30                               | 25 | 29 | 28 | 26 | 26 | 26 | 28 | 32 | 27 | Base Imprimada      | <input type="checkbox"/>            |
| 8                 | 27                               | 27 | 32 | 31 | 28 | 28 | 28 | 27 | 27 | 27 |                     |                                     |
| 9                 | 26                               | 27 | 28 | 28 | 29 | 30 | 27 | 29 | 28 | 27 | Tratamiento Bicapa  | <input type="checkbox"/>            |
| 10                | 29                               | 31 | 25 | 27 | 27 | 27 | 25 | 28 | 24 | 25 |                     |                                     |
| 11                | 32                               | 27 | 29 | 26 | 29 | 29 | 28 | 28 | 26 | 28 | Carpeta en Frío     | <input type="checkbox"/>            |
| 12                | 29                               | 28 | 28 | 29 | 27 | 27 | 27 | 27 | 31 | 27 |                     |                                     |
| 13                | 27                               | 27 | 28 | 28 | 27 | 27 | 28 | 29 | 27 | 27 | Carpeta en Caliente | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14                | 27                               | 27 | 27 | 28 | 26 | 27 | 27 | 27 | 27 | 29 |                     |                                     |
| 15                | 29                               | 28 | 28 | 27 | 26 | 28 | 28 | 26 | 32 | 29 | Recapeo Asfáltico   | <input type="checkbox"/>            |
| 16                | 26                               | 27 | 27 | 28 | 31 | 27 | 27 | 27 | 28 | 29 |                     |                                     |
| 17                | 28                               | 29 | 26 | 29 | 32 | 28 | 29 | 28 | 24 | 27 | Sello               | <input type="checkbox"/>            |
| 18                | 24                               | 27 | 29 | 27 | 26 | 27 | 31 | 29 | 28 | 29 |                     |                                     |
| 19                | 29                               | 28 | 28 | 29 | 27 | 29 | 29 | 29 | 30 | 28 | Otros               | <input type="checkbox"/>            |
| 20                | 31                               | 29 | 27 | 29 | 29 | 25 | 30 | 29 | 29 | 27 |                     |                                     |

Observaciones:



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



|                   |                                  |            |                   |
|-------------------|----------------------------------|------------|-------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                | Ensayo N°: | 1                 |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas   | KM:        | 953+000 - 953+400 |
| Fecha:            | 11/09/2022                       | Hora:      | 10:56 a. m.       |
| Tramo:            | 953+000 - 952+000                |            |                   |
| Carril :          | LADO DERECHO (POROY - IZCUCHACA) |            |                   |

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |   |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 1  | 31 | 33 | 28 | 29 | 28 | 29 | 27 | 27 | 28 | 28 | TIPO DE PAVIMENTO :                                     |
| 2  | 21 | 14 | 30 | 28 | 26 | 27 | 30 | 24 | 29 | 29 |   |
| 3  | 27 | 17 | 26 | 26 | 28 | 29 | 24 | 27 | 26 | 24 | Afirmado <input type="checkbox"/>                       |
| 4  | 22 | 28 | 26 | 28 | 27 | 29 | 29 | 26 | 26 | 27 |   |
| 5  | 26 | 27 | 27 | 28 | 31 | 27 | 26 | 29 | 26 | 27 | Base Granular <input type="checkbox"/>                  |
| 6  | 25 | 27 | 31 | 27 | 26 | 28 | 24 | 27 | 31 | 27 |   |
| 7  | 21 | 29 | 28 | 26 | 27 | 28 | 19 | 26 | 25 | 29 | Base Imprimada <input type="checkbox"/>                 |
| 8  | 28 | 28 | 27 | 27 | 28 | 28 | 26 | 26 | 25 | 28 |   |
| 9  | 29 | 27 | 29 | 30 | 31 | 24 | 32 | 28 | 26 | 27 | Tratamiento Bicapa <input type="checkbox"/>             |
| 10 | 26 | 32 | 25 | 26 | 31 | 27 | 29 | 29 | 26 | 24 |   |
| 11 | 25 | 24 | 30 | 26 | 32 | 30 | 29 | 30 | 27 | 27 | Carpeta en Frío <input type="checkbox"/>                |
| 12 | 28 | 34 | 27 | 30 | 28 | 26 | 27 | 34 | 28 | 29 |   |
| 13 | 27 | 32 | 27 | 25 | 28 | 28 | 27 | 26 | 28 | 29 | Carpeta en Caliente <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14 | 28 | 17 | 30 | 30 | 25 | 28 | 28 | 26 | 27 | 27 |   |
| 15 | 29 | 29 | 26 | 27 | 26 | 26 | 26 | 28 | 25 | 27 | Recapeo Asfáltico <input type="checkbox"/>              |
| 16 | 28 | 25 | 31 | 28 | 27 | 30 | 27 | 28 | 22 | 28 |   |
| 17 | 24 | 23 | 29 | 26 | 27 | 27 | 29 | 28 | 26 | 27 | Sello <input type="checkbox"/>                          |
| 18 | 23 | 28 | 26 | 27 | 26 | 27 | 25 | 26 | 29 | 30 |   |
| 19 | 28 | 27 | 26 | 27 | 28 | 27 | 27 | 31 | 24 | 24 | Otros <input type="checkbox"/>                          |
| 20 | 29 | 28 | 27 | 29 | 28 | 30 | 28 | 27 | 27 | 31 |   |

Observaciones:



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



|                   |                                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
|-------------------|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|-------------------------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Ensayo N°:          | 1                                   |
| Evaluated por :   | Stevent Quelopana - René Rojas     |    |    |    |    |    |    |    |    |    | KM:                 | 953+800 - 953+400                   |
| Fecha:            | 11/09/2022                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Hora:               | 11:50 a. m.                         |
| Tramo:            | 953+000 - 952+000                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
| Carril :          | LADO IZQUIERDO (POROY - IZCUCHACA) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
|                   | 1                                  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                     |                                     |
| 1                 | 21                                 | 27 | 25 | 30 | 28 | 31 | 32 | 24 | 27 | 26 | TIPO DE PAVIMENTO : |                                     |
| 2                 | 27                                 | 25 | 30 | 24 | 15 | 28 | 25 | 31 | 29 | 28 |                     |                                     |
| 3                 | 29                                 | 30 | 26 | 35 | 29 | 33 | 27 | 23 | 25 | 27 | Afirmado            | <input type="checkbox"/>            |
| 4                 | 28                                 | 27 | 27 | 23 | 28 | 39 | 28 | 31 | 28 | 28 |                     |                                     |
| 5                 | 24                                 | 32 | 32 | 26 | 31 | 31 | 28 | 30 | 27 | 29 | Base Granular       | <input type="checkbox"/>            |
| 6                 | 28                                 | 30 | 28 | 25 | 38 | 32 | 27 | 45 | 31 | 29 |                     |                                     |
| 7                 | 27                                 | 27 | 34 | 48 | 21 | 35 | 27 | 26 | 27 | 27 | Base Imprimada      | <input type="checkbox"/>            |
| 8                 | 26                                 | 28 | 25 | 38 | 31 | 29 | 28 | 26 | 29 | 29 |                     |                                     |
| 9                 | 26                                 | 38 | 32 | 20 | 35 | 29 | 19 | 26 | 27 | 25 | Tratamiento Bicapa  | <input type="checkbox"/>            |
| 10                | 27                                 | 37 | 18 | 25 | 27 | 27 | 27 | 25 | 27 | 30 |                     |                                     |
| 11                | 28                                 | 34 | 36 | 23 | 27 | 23 | 33 | 31 | 29 | 25 | Carpeta en Frío     | <input type="checkbox"/>            |
| 12                | 29                                 | 22 | 38 | 27 | 29 | 30 | 27 | 28 | 25 | 27 |                     |                                     |
| 13                | 31                                 | 24 | 27 | 37 | 28 | 30 | 14 | 29 | 29 | 30 | Carpeta en Caliente | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14                | 29                                 | 31 | 21 | 35 | 31 | 25 | 30 | 27 | 32 | 28 |                     |                                     |
| 15                | 25                                 | 24 | 27 | 27 | 29 | 31 | 21 | 28 | 25 | 28 | Recapeo Asfáltico   | <input type="checkbox"/>            |
| 16                | 24                                 | 26 | 33 | 27 | 33 | 29 | 8  | 28 | 25 | 30 |                     |                                     |
| 17                | 31                                 | 29 | 31 | 17 | 30 | 31 | 15 | 27 | 30 | 30 | Sello               | <input type="checkbox"/>            |
| 18                | 28                                 | 23 | 25 | 23 | 22 | 28 | 29 | 30 | 28 | 27 |                     |                                     |
| 19                | 26                                 | 25 | 24 | 27 | 26 | 25 | 26 | 29 | 32 | 29 | Otros               | <input type="checkbox"/>            |
| 20                | 25                                 | 32 | 29 | 20 | 32 | 32 | 25 | 27 | 25 | 27 |                     |                                     |

Observaciones:



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



|                   |                                  |            |                   |
|-------------------|----------------------------------|------------|-------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                | Ensayo N°: | 2                 |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas   | KM:        | 952+000 - 952+400 |
| Fecha:            | 18/09/2022                       | Hora:      | 6:25 a. m.        |
| Tramo:            | 952+000 - 951+000                |            |                   |
| Carril :          | LADO DERECHO (POROY - IZCUCHACA) |            |                   |

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                     |                                     |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|-------------------------------------|
| 1  | 26 | 19 | 25 | 26 | 28 | 28 | 25 | 28 | 26 | 25 | TIPO DE PAVIMENTO : |                                     |
| 2  | 27 | 30 | 27 | 27 | 27 | 25 | 28 | 29 | 26 | 27 |                     |                                     |
| 3  | 29 | 28 | 27 | 28 | 27 | 27 | 32 | 28 | 20 | 27 | Afirmado            | <input type="checkbox"/>            |
| 4  | 24 | 29 | 29 | 29 | 29 | 26 | 26 | 26 | 37 | 28 |                     |                                     |
| 5  | 27 | 28 | 29 | 26 | 29 | 30 | 26 | 29 | 22 | 26 | Base Granular       | <input type="checkbox"/>            |
| 6  | 28 | 30 | 29 | 31 | 28 | 26 | 27 | 27 | 33 | 29 |                     |                                     |
| 7  | 29 | 27 | 26 | 28 | 26 | 25 | 28 | 28 | 32 | 28 | Base Imprimada      | <input type="checkbox"/>            |
| 8  | 27 | 27 | 27 | 29 | 26 | 31 | 28 | 25 | 29 | 30 |                     |                                     |
| 9  | 27 | 27 | 29 | 27 | 27 | 28 | 25 | 29 | 30 | 25 | Tratamiento Bicapa  | <input type="checkbox"/>            |
| 10 | 29 | 25 | 28 | 26 | 26 | 28 | 25 | 27 | 29 | 28 |                     |                                     |
| 11 | 27 | 29 | 28 | 28 | 28 | 27 | 28 | 27 | 28 | 30 | Carpeta en Frío     | <input type="checkbox"/>            |
| 12 | 30 | 31 | 28 | 25 | 29 | 28 | 28 | 24 | 32 | 25 |                     |                                     |
| 13 | 29 | 26 | 29 | 27 | 30 | 27 | 28 | 25 | 27 | 26 | Carpeta en Caliente | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14 | 27 | 28 | 28 | 27 | 26 | 29 | 30 | 24 | 29 | 29 |                     |                                     |
| 15 | 28 | 28 | 26 | 28 | 25 | 26 | 31 | 27 | 20 | 30 | Recapeo Asfáltico   | <input type="checkbox"/>            |
| 16 | 28 | 26 | 29 | 27 | 28 | 27 | 30 | 28 | 32 | 26 |                     |                                     |
| 17 | 27 | 27 | 28 | 27 | 28 | 29 | 25 | 23 | 27 | 29 | Sello               | <input type="checkbox"/>            |
| 18 | 29 | 26 | 28 | 27 | 30 | 26 | 30 | 32 | 30 | 27 |                     |                                     |
| 19 | 32 | 27 | 28 | 28 | 28 | 29 | 28 | 26 | 27 | 28 | Otros               | <input type="checkbox"/>            |
| 20 | 27 | 27 | 29 | 28 | 29 | 27 | 26 | 30 | 28 | 29 |                     |                                     |

Observaciones:



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



|                   |                                    |            |                   |
|-------------------|------------------------------------|------------|-------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                  | Ensayo N°: | 2                 |
| Evaluado por:     | Stevent Quelopana - René Rojas     | KM:        | 952+800 - 952+400 |
| Fecha:            | 18/09/2022                         | Hora:      | 7:05 a. m.        |
| Tramo:            | 952+000 - 951+000                  |            |                   |
| Carril:           | LADO IZQUIERDO (POROY - IZCUCHACA) |            |                   |

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |   |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 1  | 27 | 29 | 27 | 28 | 28 | 27 | 29 | 28 | 27 | 24 | TIPO DE PAVIMENTO :                                     |
| 2  | 27 | 26 | 27 | 27 | 27 | 28 | 28 | 29 | 23 | 27 |   |
| 3  | 34 | 26 | 28 | 30 | 29 | 27 | 22 | 29 | 27 | 27 | Afirmado <input type="checkbox"/>                       |
| 4  | 27 | 29 | 27 | 28 | 29 | 28 | 26 | 28 | 28 | 30 |   |
| 5  | 27 | 28 | 27 | 26 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 29 | Base Granular <input type="checkbox"/>                  |
| 6  | 28 | 24 | 28 | 28 | 27 | 28 | 20 | 27 | 29 | 29 |   |
| 7  | 29 | 29 | 30 | 28 | 29 | 27 | 27 | 28 | 29 | 29 | Base Imprimada <input type="checkbox"/>                 |
| 8  | 27 | 28 | 30 | 28 | 28 | 28 | 25 | 27 | 29 | 25 |   |
| 9  | 28 | 28 | 24 | 27 | 30 | 28 | 29 | 27 | 28 | 24 | Tratamiento Bicapa <input type="checkbox"/>             |
| 10 | 28 | 27 | 30 | 29 | 28 | 27 | 27 | 28 | 30 | 29 |   |
| 11 | 29 | 27 | 30 | 27 | 27 | 28 | 28 | 26 | 19 | 26 | Carpeta en Frío <input type="checkbox"/>                |
| 12 | 28 | 32 | 26 | 26 | 28 | 26 | 28 | 28 | 26 | 28 |   |
| 13 | 28 | 26 | 28 | 30 | 27 | 30 | 26 | 27 | 24 | 29 | Carpeta en Caliente <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14 | 29 | 30 | 26 | 28 | 27 | 24 | 29 | 28 | 30 | 25 |   |
| 15 | 27 | 28 | 27 | 27 | 28 | 27 | 27 | 26 | 28 | 18 | Recapeo Asfáltico <input type="checkbox"/>              |
| 16 | 26 | 29 | 26 | 27 | 27 | 29 | 29 | 24 | 28 | 26 |   |
| 17 | 25 | 28 | 29 | 28 | 26 | 29 | 31 | 30 | 26 | 28 | Sello <input type="checkbox"/>                          |
| 18 | 28 | 28 | 28 | 26 | 27 | 29 | 27 | 31 | 24 | 27 |   |
| 19 | 28 | 28 | 27 | 26 | 27 | 26 | 25 | 26 | 32 | 29 | Otros <input type="checkbox"/>                          |
| 20 | 28 | 26 | 28 | 28 | 27 | 27 | 29 | 26 | 35 | 28 |   |

Observaciones:



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
|-------------------|--------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|-------------------------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA              |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Ensayo N°:          | 2                                   |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas |    |    |    |    |    |    |    |    |    | KM:                 | 951+000 - 951+400                   |
| Fecha:            | 18/09/2022                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Hora:               | 7:45 a. m.                          |
| Tramo:            | 951+000 - 950+000              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
| Carril :          | LADO DERECHO (PORY -IZCUCHACA) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
|                   | 1                              | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                     |                                     |
| 1                 | 25                             | 29 | 31 | 28 | 26 | 30 | 27 | 27 | 31 | 26 | TIPO DE PAVIMENTO : |                                     |
| 2                 | 29                             | 25 | 27 | 27 | 26 | 23 | 28 | 27 | 30 | 27 |                     |                                     |
| 3                 | 27                             | 25 | 30 | 27 | 27 | 28 | 28 | 27 | 26 | 29 | Afirmado            | <input type="checkbox"/>            |
| 4                 | 28                             | 25 | 26 | 28 | 28 | 26 | 26 | 29 | 28 | 26 |                     |                                     |
| 5                 | 29                             | 27 | 26 | 28 | 29 | 28 | 25 | 25 | 28 | 29 | Base Granular       | <input type="checkbox"/>            |
| 6                 | 28                             | 27 | 26 | 23 | 28 | 26 | 28 | 28 | 24 | 27 |                     |                                     |
| 7                 | 25                             | 28 | 26 | 25 | 28 | 30 | 28 | 27 | 32 | 26 | Base Imprimada      | <input type="checkbox"/>            |
| 8                 | 28                             | 28 | 26 | 28 | 27 | 26 | 25 | 28 | 28 | 29 |                     |                                     |
| 9                 | 27                             | 29 | 27 | 28 | 28 | 27 | 28 | 28 | 28 | 27 | Tratamiento Bicapa  | <input type="checkbox"/>            |
| 10                | 25                             | 27 | 26 | 30 | 27 | 26 | 28 | 28 | 30 | 28 |                     |                                     |
| 11                | 29                             | 27 | 29 | 28 | 27 | 31 | 30 | 26 | 28 | 26 | Carpeta en Frío     | <input type="checkbox"/>            |
| 12                | 29                             | 26 | 26 | 28 | 29 | 28 | 27 | 28 | 29 | 31 |                     |                                     |
| 13                | 26                             | 26 | 28 | 27 | 29 | 28 | 29 | 27 | 28 | 23 | Carpeta en Caliente | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14                | 30                             | 28 | 28 | 27 | 27 | 26 | 25 | 26 | 27 | 30 |                     |                                     |
| 15                | 26                             | 27 | 28 | 29 | 27 | 26 | 32 | 27 | 30 | 31 | Recapeo Asfáltico   | <input type="checkbox"/>            |
| 16                | 24                             | 29 | 27 | 26 | 29 | 30 | 26 | 25 | 27 | 34 |                     |                                     |
| 17                | 26                             | 27 | 28 | 25 | 28 | 28 | 27 | 29 | 32 | 38 | Sello               | <input type="checkbox"/>            |
| 18                | 29                             | 29 | 26 | 28 | 31 | 27 | 28 | 29 | 29 | 26 |                     |                                     |
| 19                | 30                             | 26 | 26 | 23 | 28 | 28 | 29 | 27 | 28 | 33 | Otros               | <input type="checkbox"/>            |
| 20                | 25                             | 28 | 29 | 26 | 26 | 27 | 27 | 24 | 32 | 29 |                     |                                     |

Observaciones:

---



---



---



---





DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



|                   |                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
|-------------------|-----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|-------------------------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Ensayo N°:          | 2                                   |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | KM:                 | 951+800 - 951+400                   |
| Fecha:            | 18/09/2022                        |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Hora:               | 8:22 a. m.                          |
| Tramo:            | 951+000 - 950+000                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
| Carril :          | LADO IZQUIERDO (POROY -IZCUCHACA) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
|                   | 1                                 | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                     |                                     |
| 1                 | 29                                | 26 | 27 | 27 | 29 | 32 | 31 | 28 | 25 | 28 | TIPO DE PAVIMENTO : |                                     |
| 2                 | 27                                | 29 | 28 | 29 | 27 | 28 | 28 | 26 | 27 | 27 |                     |                                     |
| 3                 | 29                                | 30 | 29 | 28 | 29 | 25 | 28 | 26 | 27 | 28 | Afirmado            | <input type="checkbox"/>            |
| 4                 | 30                                | 32 | 28 | 26 | 28 | 27 | 25 | 28 | 28 | 26 |                     |                                     |
| 5                 | 29                                | 26 | 29 | 26 | 28 | 28 | 34 | 29 | 26 | 34 | Base Granular       | <input type="checkbox"/>            |
| 6                 | 29                                | 27 | 30 | 24 | 27 | 26 | 27 | 28 | 27 | 27 |                     |                                     |
| 7                 | 29                                | 28 | 26 | 24 | 27 | 28 | 34 | 30 | 30 | 28 | Base Imprimada      | <input type="checkbox"/>            |
| 8                 | 28                                | 28 | 28 | 31 | 26 | 28 | 26 | 28 | 26 | 29 |                     |                                     |
| 9                 | 27                                | 27 | 29 | 30 | 24 | 28 | 28 | 26 | 26 | 26 | Tratamiento Bicapa  | <input type="checkbox"/>            |
| 10                | 27                                | 28 | 28 | 29 | 29 | 28 | 27 | 27 | 27 | 30 |                     |                                     |
| 11                | 27                                | 28 | 28 | 27 | 28 | 27 | 28 | 28 | 28 | 28 | Carpeta en Frío     | <input type="checkbox"/>            |
| 12                | 26                                | 29 | 28 | 30 | 28 | 30 | 27 | 27 | 26 | 30 |                     |                                     |
| 13                | 28                                | 29 | 27 | 28 | 26 | 27 | 29 | 26 | 32 | 28 | Carpeta en Caliente | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14                | 29                                | 28 | 26 | 29 | 28 | 26 | 29 | 28 | 27 | 28 |                     |                                     |
| 15                | 28                                | 27 | 28 | 29 | 27 | 26 | 29 | 30 | 35 | 27 | Recapeo Asfáltico   | <input type="checkbox"/>            |
| 16                | 25                                | 28 | 27 | 31 | 29 | 28 | 28 | 28 | 28 | 27 |                     |                                     |
| 17                | 29                                | 30 | 29 | 27 | 29 | 26 | 27 | 29 | 25 | 27 | Sello               | <input type="checkbox"/>            |
| 18                | 27                                | 29 | 29 | 26 | 25 | 23 | 28 | 29 | 27 | 30 |                     |                                     |
| 19                | 28                                | 28 | 27 | 28 | 30 | 29 | 28 | 29 | 30 | 27 | Otros               | <input type="checkbox"/>            |
| 20                | 28                                | 30 | 30 | 28 | 29 | 30 | 29 | 26 | 28 | 27 |                     |                                     |

Observaciones:



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



|                   |                                 |            |                   |
|-------------------|---------------------------------|------------|-------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA               | Ensayo N°: | 2                 |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas  | KM:        | 950+000 - 950+400 |
| Fecha:            | 18/09/2022                      | Hora:      | 10:10 a. m.       |
| Tramo:            | 950+000 - 949+000               |            |                   |
| Carril :          | LADO DERECHO (POROY -IZCUCHACA) |            |                   |

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |   |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 1  | 32 | 31 | 32 | 29 | 29 | 26 | 26 | 25 | 28 | 28 | TIPO DE PAVIMENTO :                                     |
| 2  | 23 | 27 | 29 | 26 | 24 | 29 | 28 | 36 | 29 | 29 |   |
| 3  | 27 | 30 | 26 | 28 | 28 | 25 | 28 | 14 | 30 | 25 | Afirmado <input type="checkbox"/>                       |
| 4  | 30 | 25 | 29 | 29 | 22 | 29 | 26 | 29 | 27 | 28 |   |
| 5  | 25 | 28 | 28 | 29 | 27 | 30 | 21 | 28 | 29 | 30 | Base Granular <input type="checkbox"/>                  |
| 6  | 28 | 27 | 28 | 28 | 29 | 28 | 24 | 27 | 28 | 30 |   |
| 7  | 26 | 27 | 30 | 28 | 29 | 29 | 28 | 29 | 27 | 33 | Base Imprimada <input type="checkbox"/>                 |
| 8  | 28 | 32 | 30 | 30 | 30 | 28 | 28 | 28 | 20 | 25 |   |
| 9  | 27 | 27 | 26 | 26 | 26 | 28 | 33 | 28 | 26 | 26 | Tratamiento Bicapa <input type="checkbox"/>             |
| 10 | 30 | 29 | 27 | 30 | 29 | 24 | 26 | 26 | 30 | 25 |   |
| 11 | 27 | 30 | 28 | 29 | 28 | 26 | 27 | 28 | 26 | 24 | Carpeta en Frío <input type="checkbox"/>                |
| 12 | 29 | 27 | 27 | 29 | 28 | 31 | 29 | 28 | 20 | 27 |   |
| 13 | 29 | 29 | 30 | 27 | 29 | 29 | 29 | 29 | 31 | 26 | Carpeta en Caliente <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14 | 28 | 27 | 31 | 28 | 27 | 28 | 29 | 28 | 27 | 26 |   |
| 15 | 28 | 25 | 26 | 26 | 30 | 27 | 29 | 28 | 28 | 28 | Recapeo Asfáltico <input type="checkbox"/>              |
| 16 | 27 | 29 | 31 | 30 | 31 | 30 | 21 | 29 | 26 | 28 |   |
| 17 | 27 | 31 | 29 | 27 | 29 | 28 | 28 | 29 | 27 | 27 | Sello <input type="checkbox"/>                          |
| 18 | 27 | 27 | 28 | 27 | 26 | 27 | 32 | 28 | 31 | 30 |   |
| 19 | 27 | 27 | 25 | 26 | 28 | 27 | 27 | 17 | 30 | 29 | Otros <input type="checkbox"/>                          |
| 20 | 26 | 26 | 29 | 29 | 29 | 23 | 29 | 23 | 29 | 28 |   |

Observaciones:



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
|-------------------|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|-------------------------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Ensayo N°:          | 2                                   |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas     |    |    |    |    |    |    |    |    |    | KM:                 | 950+800 - 950+400                   |
| Fecha:            | 18/09/2022                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Hora:               | 10:50 a. m.                         |
| Tramo:            | 950+000 - 949+000                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
| Carril :          | LADO IZQUIERDO (POROY - IZCUCHACA) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
|                   | 1                                  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                     |                                     |
| 1                 | 24                                 | 37 | 15 | 25 | 23 | 42 | 27 | 27 | 28 | 29 | TIPO DE PAVIMENTO : |                                     |
| 2                 | 27                                 | 39 | 33 | 24 | 29 | 26 | 29 | 28 | 28 | 28 |                     |                                     |
| 3                 | 30                                 | 41 | 26 | 26 | 29 | 50 | 27 | 27 | 26 | 27 | Afirmado            | <input type="checkbox"/>            |
| 4                 | 22                                 | 20 | 29 | 32 | 28 | 28 | 28 | 27 | 29 | 27 |                     |                                     |
| 5                 | 28                                 | 30 | 27 | 30 | 28 | 29 | 28 | 29 | 28 | 28 | Base Granular       | <input type="checkbox"/>            |
| 6                 | 34                                 | 29 | 27 | 37 | 14 | 29 | 27 | 25 | 27 | 26 |                     |                                     |
| 7                 | 26                                 | 31 | 23 | 25 | 28 | 28 | 26 | 27 | 28 | 26 | Base Imprimada      | <input type="checkbox"/>            |
| 8                 | 25                                 | 27 | 27 | 25 | 26 | 28 | 26 | 29 | 30 | 31 |                     |                                     |
| 9                 | 29                                 | 29 | 32 | 30 | 29 | 19 | 29 | 28 | 27 | 27 | Tratamiento Bicapa  | <input type="checkbox"/>            |
| 10                | 28                                 | 29 | 30 | 27 | 28 | 24 | 26 | 27 | 30 | 24 |                     |                                     |
| 11                | 27                                 | 30 | 27 | 27 | 25 | 31 | 28 | 30 | 27 | 30 | Carpeta en Frío     | <input type="checkbox"/>            |
| 12                | 35                                 | 28 | 29 | 29 | 36 | 32 | 26 | 26 | 28 | 29 |                     |                                     |
| 13                | 26                                 | 27 | 27 | 30 | 25 | 29 | 28 | 27 | 27 | 32 | Carpeta en Caliente | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14                | 18                                 | 27 | 27 | 28 | 31 | 27 | 29 | 28 | 28 | 28 |                     |                                     |
| 15                | 18                                 | 28 | 29 | 29 | 25 | 29 | 27 | 26 | 28 | 27 | Recapeo Asfáltico   | <input type="checkbox"/>            |
| 16                | 26                                 | 28 | 30 | 27 | 39 | 24 | 29 | 28 | 27 | 26 |                     |                                     |
| 17                | 29                                 | 27 | 29 | 29 | 21 | 24 | 28 | 28 | 26 | 28 | Sello               | <input type="checkbox"/>            |
| 18                | 37                                 | 29 | 28 | 28 | 15 | 13 | 27 | 28 | 27 | 27 |                     |                                     |
| 19                | 13                                 | 29 | 24 | 29 | 28 | 29 | 26 | 27 | 28 | 27 | Otros               | <input type="checkbox"/>            |
| 20                | 36                                 | 21 | 30 | 26 | 11 | 29 | 26 | 30 | 28 | 28 |                     |                                     |

Observaciones:



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA




Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                  |            |                   |
|-------------------|----------------------------------|------------|-------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                | Ensayo N°: | 2                 |
| Evaluado por:     | Stevent Quelopana - René Rojas   | KM:        | 949+000 - 949+400 |
| Fecha:            | 18/09/2022                       | Hora:      | 11:55 a. m.       |
| Tramo:            | 949+000 - 948+000                |            |                   |
| Carril:           | LADO DERECHO (POROY - IZCUCHACA) |            |                   |

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |   |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 1  | 26 | 27 | 31 | 28 | 27 | 27 | 29 | 27 | 29 | 29 | TIPO DE PAVIMENTO :                                     |
| 2  | 31 | 27 | 25 | 29 | 30 | 27 | 29 | 28 | 28 | 27 |   |
| 3  | 27 | 26 | 26 | 27 | 26 | 30 | 29 | 27 | 29 | 29 | Afirmado <input type="checkbox"/>                       |
| 4  | 28 | 26 | 29 | 30 | 32 | 26 | 28 | 30 | 27 | 31 |   |
| 5  | 29 | 28 | 25 | 28 | 30 | 26 | 25 | 29 | 29 | 30 | Base Granular <input type="checkbox"/>                  |
| 6  | 28 | 26 | 30 | 28 | 30 | 30 | 28 | 27 | 28 | 25 |   |
| 7  | 27 | 29 | 28 | 28 | 29 | 27 | 28 | 29 | 27 | 28 | Base Imprimada <input type="checkbox"/>                 |
| 8  | 29 | 27 | 30 | 31 | 29 | 29 | 28 | 27 | 28 | 31 |   |
| 9  | 28 | 25 | 32 | 29 | 28 | 26 | 29 | 27 | 27 | 28 | Tratamiento Bicapa <input type="checkbox"/>             |
| 10 | 30 | 27 | 27 | 29 | 27 | 31 | 27 | 27 | 29 | 29 |   |
| 11 | 27 | 30 | 30 | 30 | 29 | 28 | 24 | 29 | 29 | 27 | Carpeta en Frio <input type="checkbox"/>                |
| 12 | 30 | 24 | 27 | 27 | 29 | 28 | 30 | 27 | 29 | 26 |   |
| 13 | 27 | 27 | 25 | 28 | 29 | 25 | 27 | 26 | 28 | 27 | Carpeta en Caliente <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14 | 28 | 29 | 29 | 28 | 25 | 25 | 28 | 29 | 19 | 27 |   |
| 15 | 28 | 28 | 27 | 30 | 28 | 27 | 27 | 30 | 17 | 28 | Recapeo Asfáltico <input type="checkbox"/>              |
| 16 | 28 | 28 | 25 | 27 | 35 | 28 | 29 | 29 | 28 | 28 |   |
| 17 | 30 | 30 | 27 | 27 | 24 | 27 | 28 | 29 | 28 | 26 | Sello <input type="checkbox"/>                          |
| 18 | 28 | 28 | 27 | 28 | 27 | 27 | 28 | 29 | 29 | 25 |   |
| 19 | 28 | 27 | 29 | 28 | 27 | 29 | 28 | 27 | 27 | 23 | Otros <input type="checkbox"/>                          |
| 20 | 27 | 27 | 28 | 32 | 30 | 25 | 27 | 29 | 26 | 30 |   |

Observaciones:



| DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL<br>DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA |                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  Universidad<br>Andina<br>del Cusco |                                     |
|--|-----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|-------------------------------------|
| Nombre de la Vía:  | POROY - IZCUCHACA                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Ensayo N°:  | 2                                   |
| Evaluated por :  | Stevent Quelopana - René Rojas    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | KM:   | 949+800 - 949+400                   |
| Fecha:   | 18/09/2022                        |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Hora:   | 12:30 p. m.                         |
| Tramo:   | 949+000 - 948+000                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |                                     |
| Carril :   | LADO IZQUIERDO (PORY - IZCUCHACA) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |                                     |
|  | 1                                 | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |   |                                     |
| 1  | 46                                | 29 | 20 | 28 | 26 | 25 | 28 | 28 | 28 | 29 | TIPO DE PAVIMENTO :   |                                     |
| 2  | 27                                | 29 | 26 | 27 | 27 | 26 | 28 | 19 | 29 | 27 |   |                                     |
| 3  | 29                                | 28 | 29 | 34 | 27 | 30 | 27 | 20 | 28 | 26 | Afirmado  | <input type="checkbox"/>            |
| 4  | 30                                | 28 | 28 | 23 | 28 | 27 | 29 | 30 | 28 | 29 |   |                                     |
| 5  | 27                                | 27 | 26 | 21 | 27 | 27 | 28 | 27 | 28 | 27 | Base Granular   | <input type="checkbox"/>            |
| 6  | 27                                | 28 | 28 | 26 | 27 | 27 | 28 | 27 | 27 | 27 |   |                                     |
| 7  | 28                                | 27 | 28 | 29 | 27 | 29 | 28 | 28 | 25 | 28 | Base Imprimada  | <input type="checkbox"/>            |
| 8  | 25                                | 28 | 29 | 29 | 28 | 27 | 27 | 28 | 26 | 24 |   |                                     |
| 9  | 29                                | 28 | 30 | 28 | 29 | 28 | 29 | 28 | 28 | 30 | Tratamiento Bicapa  | <input type="checkbox"/>            |
| 10   | 31                                | 27 | 26 | 27 | 29 | 28 | 27 | 27 | 28 | 28 |   |                                     |
| 11   | 34                                | 27 | 27 | 29 | 27 | 28 | 27 | 28 | 28 | 28 | Carpeta en Frío   | <input type="checkbox"/>            |
| 12   | 27                                | 28 | 29 | 27 | 27 | 28 | 30 | 29 | 28 | 27 |   |                                     |
| 13   | 26                                | 28 | 27 | 28 | 26 | 28 | 27 | 26 | 28 | 29 | Carpeta en Caliente   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14   | 29                                | 28 | 28 | 27 | 26 | 27 | 28 | 23 | 28 | 30 |   |                                     |
| 15   | 28                                | 28 | 26 | 29 | 28 | 28 | 28 | 27 | 27 | 26 | Recapeo Asfáltico   | <input type="checkbox"/>            |
| 16   | 28                                | 29 | 29 | 29 | 28 | 26 | 30 | 28 | 28 | 33 |   |                                     |
| 17   | 29                                | 30 | 28 | 28 | 29 | 30 | 28 | 27 | 27 | 30 | Sello   | <input type="checkbox"/>            |
| 18   | 27                                | 28 | 28 | 30 | 26 | 29 | 28 | 26 | 29 | 14 |   |                                     |
| 19   | 26                                | 27 | 29 | 28 | 28 | 26 | 29 | 28 | 28 | 24 | Otros   | <input type="checkbox"/>            |
| 20   | 29                                | 28 | 27 | 27 | 27 | 30 | 29 | 27 | 26 | 31 |   |                                     |
| Observaciones:   |                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |                                     |
|  |                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |                                     |
|  |                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |                                     |
|  |                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |                                     |
|  |                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |                                     |



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                |            |                   |
|-------------------|--------------------------------|------------|-------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCACA               | Ensayo N°: | 2                 |
| Evaluated por :   | Stevent Quelopana - René Rojas | KM:        | 948+000 - 948+400 |
| Fecha:            | 18/09/2022                     | Hora:      | 1:15 p. m.        |
| Tramo:            | 948+000 - 947+000              |            |                   |
| Carril :          | LADO DERECHO (PORY -IZCUCACA)  |            |                   |

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |   |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 1  | 27 | 26 | 23 | 27 | 29 | 29 | 30 | 27 | 29 | 27 | TIPO DE PAVIMENTO :                                     |
| 2  | 29 | 29 | 25 | 31 | 30 | 28 | 29 | 29 | 28 | 33 |   |
| 3  | 30 | 30 | 30 | 31 | 28 | 26 | 30 | 28 | 29 | 28 | Afirmado <input type="checkbox"/>                       |
| 4  | 27 | 29 | 32 | 28 | 26 | 27 | 29 | 28 | 29 | 28 |   |
| 5  | 28 | 26 | 34 | 30 | 26 | 27 | 27 | 27 | 22 | 26 | Base Granular <input type="checkbox"/>                  |
| 6  | 29 | 25 | 22 | 27 | 30 | 27 | 28 | 28 | 29 | 24 |   |
| 7  | 27 | 30 | 30 | 29 | 27 | 27 | 30 | 27 | 28 | 30 | Base Imprimada <input type="checkbox"/>                 |
| 8  | 30 | 29 | 39 | 30 | 26 | 28 | 24 | 28 | 28 | 23 |   |
| 9  | 28 | 30 | 23 | 31 | 28 | 27 | 28 | 27 | 29 | 25 | Tratamiento Bicapa <input type="checkbox"/>             |
| 10 | 28 | 27 | 27 | 27 | 30 | 28 | 29 | 29 | 27 | 29 |   |
| 11 | 25 | 25 | 27 | 34 | 29 | 27 | 29 | 28 | 24 | 26 | Carpeta en Frío <input type="checkbox"/>                |
| 12 | 28 | 29 | 29 | 33 | 33 | 26 | 28 | 26 | 25 | 26 |   |
| 13 | 26 | 28 | 27 | 26 | 27 | 29 | 28 | 30 | 27 | 25 | Carpeta en Caliente <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14 | 26 | 28 | 30 | 21 | 25 | 26 | 27 | 28 | 31 | 27 |   |
| 15 | 29 | 27 | 26 | 33 | 26 | 27 | 27 | 29 | 24 | 28 | Recapeo Asfáltico <input type="checkbox"/>              |
| 16 | 26 | 26 | 35 | 27 | 30 | 28 | 29 | 28 | 32 | 29 |   |
| 17 | 28 | 33 | 25 | 26 | 29 | 28 | 30 | 29 | 31 | 27 | Sello <input type="checkbox"/>                          |
| 18 | 26 | 25 | 30 | 24 | 32 | 26 | 28 | 27 | 26 | 28 |   |
| 19 | 28 | 33 | 26 | 21 | 27 | 30 | 27 | 30 | 24 | 28 | Otros <input type="checkbox"/>                          |
| 20 | 26 | 33 | 25 | 31 | 28 | 25 | 27 | 27 | 26 | 29 |   |

Observaciones:



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



|                   |                                   |            |                   |
|-------------------|-----------------------------------|------------|-------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                 | Ensayo N°: | 2                 |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas    | KM:        | 948+800 - 948+400 |
| Fecha:            | 18/09/2022                        | Hora:      | 1:55 p. m.        |
| Tramo:            | 948+000 - 947+000                 |            |                   |
| Carril:           | LADO IZQUIERDO (POROY -IZCUCHACA) |            |                   |

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |   |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 1  | 25 | 28 | 24 | 26 | 41 | 28 | 26 | 26 | 25 | 29 | TIPO DE PAVIMENTO :                                     |
| 2  | 27 | 32 | 26 | 25 | 27 | 28 | 28 | 27 | 27 | 27 |   |
| 3  | 26 | 27 | 26 | 30 | 29 | 25 | 26 | 27 | 27 | 26 | Afirmado <input type="checkbox"/>                       |
| 4  | 24 | 27 | 26 | 28 | 29 | 25 | 26 | 29 | 27 | 26 |   |
| 5  | 31 | 3  | 29 | 27 | 23 | 26 | 25 | 34 | 27 | 27 | Base Granular <input type="checkbox"/>                  |
| 6  | 26 | 41 | 23 | 28 | 21 | 28 | 26 | 27 | 28 | 27 |   |
| 7  | 28 | 25 | 26 | 28 | 23 | 29 | 26 | 26 | 27 | 30 | Base Imprimada <input type="checkbox"/>                 |
| 8  | 32 | 28 | 29 | 28 | 30 | 27 | 25 | 26 | 26 | 23 |   |
| 9  | 28 | 28 | 30 | 27 | 29 | 29 | 26 | 28 | 26 | 22 | Tratamiento Bicapa <input type="checkbox"/>             |
| 10 | 26 | 28 | 28 | 27 | 29 | 24 | 27 | 26 | 26 | 28 |   |
| 11 | 21 | 26 | 29 | 29 | 24 | 26 | 27 | 27 | 29 | 20 | Carpeta en Frío <input type="checkbox"/>                |
| 12 | 27 | 30 | 29 | 27 | 26 | 31 | 27 | 22 | 28 | 19 |   |
| 13 | 26 | 27 | 28 | 28 | 29 | 26 | 27 | 25 | 30 | 29 | Carpeta en Caliente <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14 | 28 | 25 | 30 | 28 | 29 | 29 | 30 | 28 | 31 | 29 |   |
| 15 | 29 | 30 | 27 | 26 | 29 | 17 | 26 | 27 | 30 | 23 | Recapeo Asfáltico <input type="checkbox"/>              |
| 16 | 28 | 25 | 28 | 25 | 25 | 14 | 30 | 29 | 28 | 24 |   |
| 17 | 27 | 25 | 27 | 28 | 28 | 27 | 27 | 23 | 26 | 28 | Sello <input type="checkbox"/>                          |
| 18 | 28 | 28 | 26 | 28 | 27 | 27 | 28 | 28 | 28 | 15 |   |
| 19 | 28 | 25 | 27 | 27 | 29 | 31 | 28 | 27 | 28 | 22 | Otros <input type="checkbox"/>                          |
| 20 | 27 | 28 | 28 | 28 | 24 | 27 | 27 | 26 | 28 | 28 |   |

Observaciones:





DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
|-------------------|----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|-------------------------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Ensayo N°:          | 3                                   |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | KM:                 | 947+000 - 947+400                   |
| Fecha:            | 02/10/2022                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Hora:               | 6:30 a. m.                          |
| Tramo:            | 947+000 - 946+000                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
| Carril :          | LADO DERECHO (POROY - IZCUCHACA) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
|                   | 1                                | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                     |                                     |
| 1                 | 25                               | 26 | 28 | 27 | 26 | 26 | 30 | 26 | 27 | 30 | TIPO DE PAVIMENTO : |                                     |
| 2                 | 28                               | 28 | 28 | 26 | 28 | 27 | 29 | 28 | 26 | 26 |                     |                                     |
| 3                 | 29                               | 27 | 26 | 28 | 27 | 30 | 26 | 28 | 27 | 29 | Afirmado            | <input type="checkbox"/>            |
| 4                 | 26                               | 28 | 29 | 28 | 26 | 25 | 25 | 32 | 27 | 28 |                     |                                     |
| 5                 | 28                               | 26 | 23 | 25 | 20 | 25 | 25 | 28 | 27 | 25 | Base Granular       | <input type="checkbox"/>            |
| 6                 | 29                               | 27 | 29 | 26 | 28 | 28 | 26 | 24 | 29 | 31 |                     |                                     |
| 7                 | 26                               | 28 | 26 | 30 | 28 | 28 | 28 | 30 | 29 | 26 | Base Imprimada      | <input type="checkbox"/>            |
| 8                 | 29                               | 28 | 27 | 25 | 30 | 28 | 30 | 26 | 29 | 30 |                     |                                     |
| 9                 | 26                               | 27 | 20 | 32 | 24 | 26 | 30 | 25 | 27 | 27 | Tratamiento Bicapa  | <input type="checkbox"/>            |
| 10                | 28                               | 29 | 28 | 25 | 22 | 27 | 27 | 29 | 26 | 29 |                     |                                     |
| 11                | 26                               | 28 | 30 | 30 | 30 | 29 | 29 | 27 | 26 | 27 | Carpeta en Frío     | <input type="checkbox"/>            |
| 12                | 28                               | 28 | 29 | 28 | 28 | 29 | 28 | 29 | 31 | 28 |                     |                                     |
| 13                | 28                               | 27 | 28 | 29 | 26 | 27 | 29 | 27 | 26 | 28 | Carpeta en Caliente | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14                | 27                               | 28 | 28 | 28 | 27 | 25 | 27 | 28 | 30 | 27 |                     |                                     |
| 15                | 26                               | 26 | 28 | 26 | 23 | 29 | 26 | 28 | 28 | 27 | Recapeo Asfáltico   | <input type="checkbox"/>            |
| 16                | 28                               | 28 | 21 | 28 | 26 | 30 | 26 | 28 | 30 | 28 |                     |                                     |
| 17                | 26                               | 26 | 29 | 25 | 28 | 28 | 29 | 28 | 29 | 25 | Sello               | <input type="checkbox"/>            |
| 18                | 33                               | 28 | 27 | 26 | 27 | 27 | 27 | 28 | 27 | 29 |                     |                                     |
| 19                | 25                               | 28 | 28 | 27 | 26 | 27 | 26 | 27 | 28 | 24 | Otros               | <input type="checkbox"/>            |
| 20                | 28                               | 29 | 27 | 26 | 26 | 30 | 26 | 31 | 27 | 27 |                     |                                     |

Observaciones:



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



|                   |                                  |            |                   |
|-------------------|----------------------------------|------------|-------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                | Ensayo N°: | 3                 |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas   | KM:        | 947+800 - 947+400 |
| Fecha:            | 02/10/2022                       | Hora:      | 7:07 a. m.        |
| Tramo:            | 947+000 - 946+000                |            |                   |
| Carril :          | LADO IZQUIERDO (PORY -IZCUCHACA) |            |                   |

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |   |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 1  | 27 | 26 | 27 | 27 | 28 | 27 | 26 | 28 | 29 | 28 | TIPO DE PAVIMENTO :                                     |
| 2  | 28 | 27 | 28 | 28 | 28 | 28 | 27 | 25 | 28 | 28 |   |
| 3  | 30 | 27 | 27 | 27 | 26 | 27 | 25 | 27 | 27 | 25 | Afirmado <input type="checkbox"/>                       |
| 4  | 30 | 25 | 27 | 27 | 28 | 26 | 29 | 30 | 27 | 31 |   |
| 5  | 27 | 27 | 16 | 26 | 26 | 26 | 28 | 27 | 27 | 28 | Base Granular <input type="checkbox"/>                  |
| 6  | 27 | 27 | 31 | 27 | 27 | 27 | 26 | 27 | 27 | 26 |   |
| 7  | 28 | 29 | 28 | 28 | 28 | 26 | 27 | 29 | 27 | 28 | Base Imprimada <input type="checkbox"/>                 |
| 8  | 28 | 30 | 40 | 26 | 27 | 28 | 28 | 27 | 20 | 29 |   |
| 9  | 29 | 29 | 28 | 26 | 27 | 27 | 27 | 31 | 21 | 27 | Tratamiento Bicapa <input type="checkbox"/>             |
| 10 | 26 | 30 | 26 | 30 | 27 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 |   |
| 11 | 29 | 28 | 29 | 28 | 27 | 28 | 26 | 27 | 29 | 26 | Carpeta en Frío <input type="checkbox"/>                |
| 12 | 28 | 29 | 25 | 27 | 26 | 25 | 27 | 27 | 26 | 28 |   |
| 13 | 27 | 27 | 27 | 28 | 28 | 25 | 25 | 28 | 28 | 27 | Carpeta en Caliente <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14 | 27 | 26 | 28 | 29 | 28 | 28 | 28 | 27 | 26 | 26 |   |
| 15 | 27 | 29 | 28 | 28 | 27 | 28 | 27 | 28 | 26 | 27 | Recapeo Asfáltico <input type="checkbox"/>              |
| 16 | 27 | 26 | 26 | 26 | 27 | 28 | 26 | 27 | 27 | 27 |   |
| 17 | 28 | 25 | 28 | 42 | 28 | 30 | 27 | 27 | 26 | 27 | Sello <input type="checkbox"/>                          |
| 18 | 27 | 30 | 27 | 29 | 28 | 30 | 28 | 27 | 28 | 28 |   |
| 19 | 29 | 27 | 27 | 26 | 28 | 27 | 28 | 27 | 29 | 27 | Otros <input type="checkbox"/>                          |
| 20 | 28 | 26 | 27 | 29 | 29 | 26 | 25 | 29 | 28 | 26 |   |

Observaciones:



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
|-------------------|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|-------------------------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA               |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Ensayo N°:          | 3                                   |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | KM:                 | 946+000 - 946+400                   |
| Fecha:            | 02/10/2022                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Hora:               | 7:51 a. m.                          |
| Tramo:            | 946+000 - 945+000               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
| Carril :          | LADO DERECHO (PORY - IZCUCHACA) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
|                   | 1                               | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                     |                                     |
| 1                 | 26                              | 29 | 26 | 29 | 27 | 32 | 28 | 36 | 29 | 25 | TIPO DE PAVIMENTO : |                                     |
| 2                 | 28                              | 26 | 26 | 27 | 27 | 25 | 39 | 28 | 28 | 27 |                     |                                     |
| 3                 | 30                              | 26 | 29 | 21 | 26 | 23 | 29 | 37 | 30 | 26 | Afirmado            | <input type="checkbox"/>            |
| 4                 | 27                              | 26 | 29 | 26 | 28 | 10 | 29 | 28 | 26 | 28 |                     |                                     |
| 5                 | 42                              | 28 | 27 | 31 | 27 | 29 | 31 | 33 | 27 | 24 | Base Granular       | <input type="checkbox"/>            |
| 6                 | 26                              | 27 | 29 | 27 | 30 | 30 | 30 | 24 | 28 | 30 |                     |                                     |
| 7                 | 13                              | 26 | 28 | 26 | 22 | 25 | 30 | 29 | 43 | 27 | Base Imprimada      | <input type="checkbox"/>            |
| 8                 | 26                              | 27 | 28 | 29 | 29 | 25 | 24 | 29 | 24 | 26 |                     |                                     |
| 9                 | 26                              | 26 | 27 | 27 | 27 | 35 | 32 | 26 | 26 | 28 | Tratamiento Bicapa  | <input type="checkbox"/>            |
| 10                | 32                              | 29 | 29 | 26 | 24 | 28 | 29 | 27 | 30 | 27 |                     |                                     |
| 11                | 26                              | 30 | 27 | 28 | 32 | 25 | 21 | 26 | 26 | 27 | Carpeta en Frío     | <input type="checkbox"/>            |
| 12                | 29                              | 30 | 26 | 24 | 27 | 26 | 32 | 28 | 25 | 27 |                     |                                     |
| 13                | 27                              | 26 | 27 | 28 | 34 | 26 | 33 | 28 | 28 | 28 | Carpeta en Caliente | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14                | 27                              | 25 | 27 | 24 | 27 | 28 | 21 | 26 | 27 | 27 |                     |                                     |
| 15                | 28                              | 26 | 26 | 27 | 28 | 30 | 33 | 28 | 27 | 26 | Recapeo Asfáltico   | <input type="checkbox"/>            |
| 16                | 29                              | 27 | 26 | 28 | 27 | 28 | 40 | 26 | 27 | 33 |                     |                                     |
| 17                | 27                              | 26 | 28 | 26 | 26 | 25 | 44 | 29 | 28 | 36 | Sello               | <input type="checkbox"/>            |
| 18                | 28                              | 28 | 15 | 27 | 29 | 26 | 32 | 27 | 24 | 20 |                     |                                     |
| 19                | 29                              | 26 | 36 | 27 | 29 | 29 | 30 | 32 | 28 | 29 | Otros               | <input type="checkbox"/>            |
| 20                | 27                              | 26 | 27 | 27 | 34 | 27 | 26 | 27 | 29 | 26 |                     |                                     |

Observaciones:



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
|-------------------|----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|-------------------------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCACA                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Ensayo N°:          | 3                                   |
| Evaluated por :   | Stevent Quelopana - René Rojas   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | KM:                 | 946+800 - 946+400                   |
| Fecha:            | 02/10/2022                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Hora:               | 8:38 a. m.                          |
| Tramo:            | 946+000 - 945+000                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
| Carril :          | LADO IZQUIERDO (POROY -IZCUCACA) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                     |                                     |
|                   | 1                                | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                     |                                     |
| 1                 | 26                               | 26 | 26 | 27 | 27 | 31 | 27 | 30 | 26 | 27 | TIPO DE PAVIMENTO : |                                     |
| 2                 | 26                               | 29 | 28 | 27 | 28 | 26 | 27 | 21 | 26 | 29 |                     |                                     |
| 3                 | 27                               | 26 | 31 | 26 | 27 | 25 | 28 | 24 | 28 | 28 | Afirmado            | <input type="checkbox"/>            |
| 4                 | 28                               | 27 | 23 | 27 | 27 | 28 | 26 | 27 | 27 | 27 |                     |                                     |
| 5                 | 27                               | 28 | 27 | 28 | 28 | 28 | 28 | 27 | 28 | 27 | Base Granular       | <input type="checkbox"/>            |
| 6                 | 31                               | 26 | 27 | 28 | 27 | 27 | 29 | 30 | 28 | 30 |                     |                                     |
| 7                 | 25                               | 27 | 28 | 26 | 27 | 27 | 26 | 28 | 28 | 29 | Base Imprimada      | <input type="checkbox"/>            |
| 8                 | 29                               | 26 | 28 | 27 | 28 | 28 | 28 | 24 | 28 | 25 |                     |                                     |
| 9                 | 28                               | 26 | 27 | 26 | 28 | 28 | 29 | 29 | 26 | 26 | Tratamiento Bicapa  | <input type="checkbox"/>            |
| 10                | 29                               | 27 | 26 | 25 | 27 | 29 | 26 | 27 | 30 | 28 |                     |                                     |
| 11                | 29                               | 26 | 28 | 27 | 25 | 26 | 26 | 26 | 27 | 25 | Carpeta en Frio     | <input type="checkbox"/>            |
| 12                | 26                               | 26 | 27 | 29 | 25 | 27 | 27 | 26 | 24 | 25 |                     |                                     |
| 13                | 27                               | 26 | 27 | 28 | 31 | 29 | 27 | 27 | 29 | 32 | Carpeta en Caliente | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14                | 26                               | 28 | 27 | 27 | 28 | 29 | 30 | 28 | 29 | 31 |                     |                                     |
| 15                | 25                               | 27 | 27 | 28 | 25 | 27 | 28 | 27 | 27 | 26 | Recapeo Asfáltico   | <input type="checkbox"/>            |
| 16                | 28                               | 26 | 27 | 28 | 26 | 28 | 28 | 28 | 28 | 30 |                     |                                     |
| 17                | 29                               | 27 | 27 | 28 | 24 | 29 | 28 | 28 | 27 | 32 | Sello               | <input type="checkbox"/>            |
| 18                | 30                               | 28 | 27 | 31 | 27 | 28 | 24 | 27 | 29 | 24 |                     |                                     |
| 19                | 33                               | 29 | 27 | 26 | 25 | 30 | 28 | 28 | 27 | 27 | Otros               | <input type="checkbox"/>            |
| 20                | 30                               | 27 | 26 | 25 | 39 | 27 | 27 | 27 | 27 | 28 |                     |                                     |

Observaciones:



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                |            |                   |
|-------------------|--------------------------------|------------|-------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA              | Ensayo N°: | 3                 |
| Evaluated por :   | Stevent Quelopana - René Rojas | KM:        | 945+000 - 945+400 |
| Fecha:            | 02/10/2022                     | Hora:      | 10:05 a. m.       |
| Tramo:            | 945+000 + 944+000              |            |                   |
| Carril :          | LADO DERECHO (PORY -IZCUCHACA) |            |                   |

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |   |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 1  | 28 | 28 | 28 | 26 | 25 | 27 | 28 | 28 | 28 | 25 | TIPO DE PAVIMENTO :                                     |
| 2  | 28 | 26 | 28 | 30 | 28 | 26 | 26 | 27 | 26 | 26 |   |
| 3  | 26 | 28 | 27 | 28 | 26 | 28 | 27 | 26 | 28 | 27 | Afirmado <input type="checkbox"/>                       |
| 4  | 28 | 27 | 27 | 29 | 26 | 28 | 27 | 29 | 26 | 26 |   |
| 5  | 26 | 29 | 27 | 30 | 27 | 28 | 27 | 29 | 25 | 29 | Base Granular <input type="checkbox"/>                  |
| 6  | 27 | 27 | 28 | 28 | 29 | 27 | 28 | 26 | 27 | 28 |   |
| 7  | 28 | 26 | 29 | 27 | 27 | 26 | 27 | 27 | 29 | 28 | Base Imprimada <input type="checkbox"/>                 |
| 8  | 30 | 26 | 27 | 26 | 29 | 29 | 28 | 27 | 26 | 29 |   |
| 9  | 26 | 29 | 28 | 30 | 27 | 27 | 27 | 26 | 28 | 28 | Tratamiento Bicapa <input type="checkbox"/>             |
| 10 | 26 | 26 | 28 | 25 | 27 | 27 | 27 | 27 | 26 | 25 |   |
| 11 | 27 | 28 | 27 | 27 | 29 | 28 | 27 | 27 | 25 | 27 | Carpeta en Frío <input type="checkbox"/>                |
| 12 | 28 | 28 | 27 | 29 | 27 | 26 | 27 | 28 | 28 | 27 |   |
| 13 | 27 | 27 | 27 | 28 | 28 | 30 | 27 | 27 | 28 | 26 | Carpeta en Caliente <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14 | 28 | 29 | 26 | 28 | 26 | 27 | 27 | 27 | 27 | 30 |   |
| 15 | 27 | 27 | 29 | 28 | 28 | 27 | 27 | 27 | 27 | 28 | Recapeo Asfáltico <input type="checkbox"/>              |
| 16 | 26 | 28 | 26 | 28 | 29 | 27 | 28 | 28 | 27 | 28 |   |
| 17 | 27 | 28 | 27 | 28 | 30 | 28 | 26 | 27 | 29 | 28 | Sello <input type="checkbox"/>                          |
| 18 | 28 | 28 | 27 | 25 | 27 | 30 | 29 | 28 | 28 | 27 |   |
| 19 | 27 | 26 | 26 | 28 | 26 | 28 | 26 | 28 | 26 | 28 | Otros <input type="checkbox"/>                          |
| 20 | 26 | 28 | 27 | 26 | 27 | 25 | 27 | 27 | 28 | 28 |   |

Observaciones:



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



|                   |                                  |            |                   |
|-------------------|----------------------------------|------------|-------------------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                | Ensayo N°: | 3                 |
| Evaluado por:     | Stevent Quelopana - René Rojas   | KM:        | 945+800 - 945+400 |
| Fecha:            | 02/10/2022                       | Hora:      | 11:05 a. m.       |
| Tramo:            | 945+000 + 944+000                |            |                   |
| Carril:           | LADO IZQUIERDO (PORY -IZCUCHACA) |            |                   |

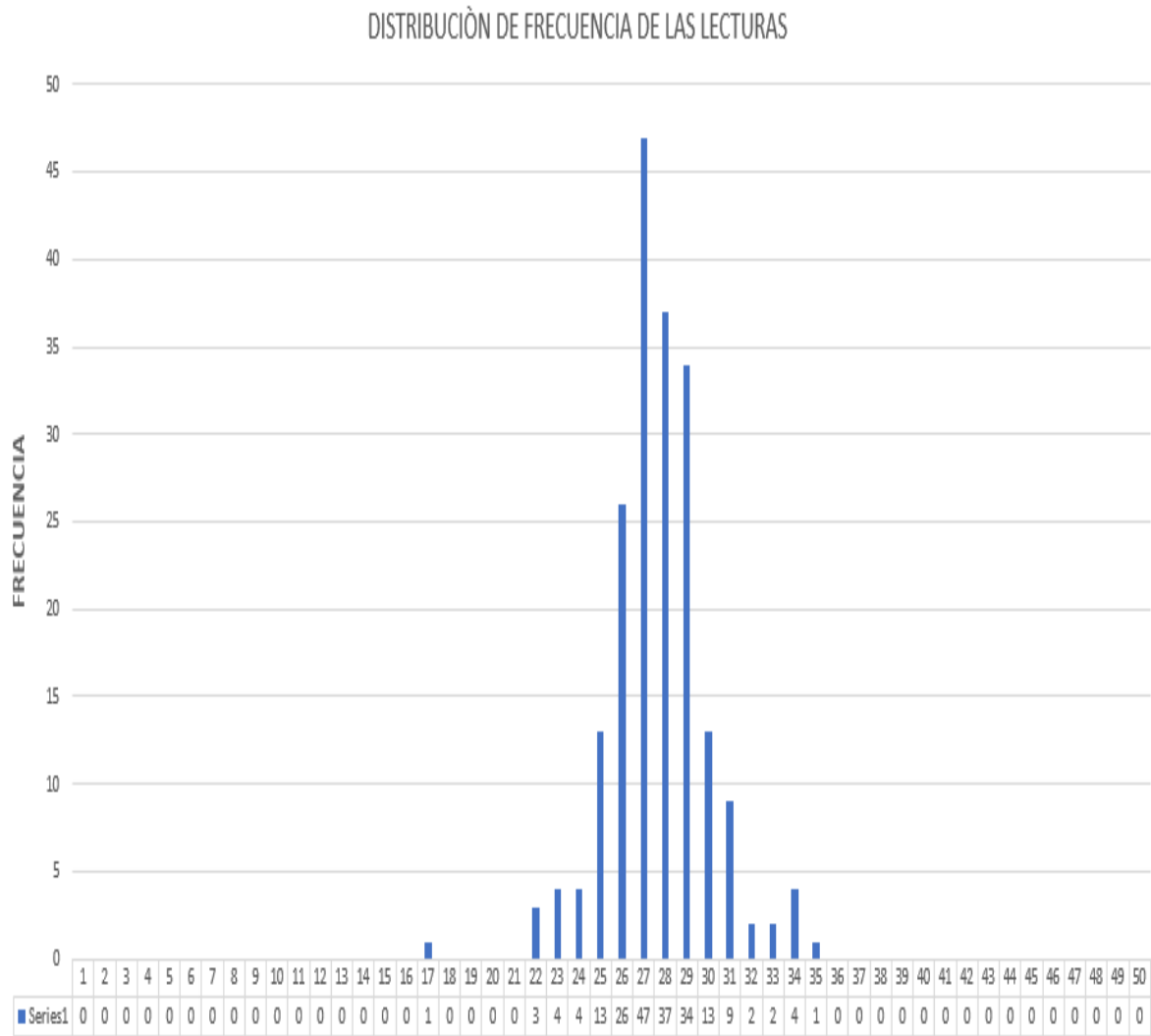
|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |   |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 1  | 26 | 27 | 26 | 27 | 26 | 27 | 25 | 34 | 27 | 28 | TIPO DE PAVIMENTO :                                     |
| 2  | 31 | 26 | 22 | 26 | 27 | 27 | 28 | 29 | 29 | 27 |   |
| 3  | 25 | 26 | 27 | 26 | 27 | 25 | 25 | 25 | 28 | 28 | Afirmado <input type="checkbox"/>                       |
| 4  | 27 | 28 | 26 | 29 | 26 | 26 | 27 | 28 | 28 | 27 |   |
| 5  | 28 | 29 | 26 | 27 | 28 | 31 | 28 | 26 | 28 | 27 | Base Granular <input type="checkbox"/>                  |
| 6  | 27 | 27 | 40 | 28 | 28 | 31 | 28 | 28 | 29 | 28 |   |
| 7  | 29 | 28 | 26 | 27 | 25 | 24 | 28 | 27 | 26 | 30 | Base Imprimada <input type="checkbox"/>                 |
| 8  | 26 | 27 | 25 | 28 | 28 | 28 | 26 | 28 | 27 | 28 |   |
| 9  | 27 | 28 | 37 | 27 | 30 | 27 | 27 | 26 | 30 | 25 | Tratamiento Bicapa <input type="checkbox"/>             |
| 10 | 26 | 24 | 23 | 28 | 26 | 23 | 29 | 29 | 27 | 28 |   |
| 11 | 28 | 23 | 30 | 28 | 25 | 31 | 29 | 28 | 25 | 27 | Carpeta en Frio <input type="checkbox"/>                |
| 12 | 26 | 26 | 29 | 28 | 27 | 29 | 27 | 26 | 29 | 30 |   |
| 13 | 26 | 27 | 28 | 27 | 29 | 28 | 26 | 28 | 28 | 27 | Carpeta en Caliente <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14 | 28 | 33 | 28 | 27 | 27 | 27 | 28 | 27 | 29 | 27 |   |
| 15 | 29 | 30 | 25 | 28 | 29 | 30 | 28 | 27 | 29 | 30 | Recapeo Asfáltico <input type="checkbox"/>              |
| 16 | 42 | 26 | 27 | 26 | 24 | 27 | 28 | 28 | 26 | 25 |   |
| 17 | 28 | 25 | 27 | 26 | 26 | 26 | 23 | 28 | 31 | 28 | Sello <input type="checkbox"/>                          |
| 18 | 27 | 27 | 27 | 29 | 27 | 26 | 25 | 26 | 28 | 29 |   |
| 19 | 28 | 27 | 25 | 26 | 26 | 27 | 26 | 23 | 29 | 26 | Otros <input type="checkbox"/>                          |
| 20 | 25 | 27 | 28 | 25 | 26 | 27 | 27 | 28 | 26 | 29 |   |

Observaciones:



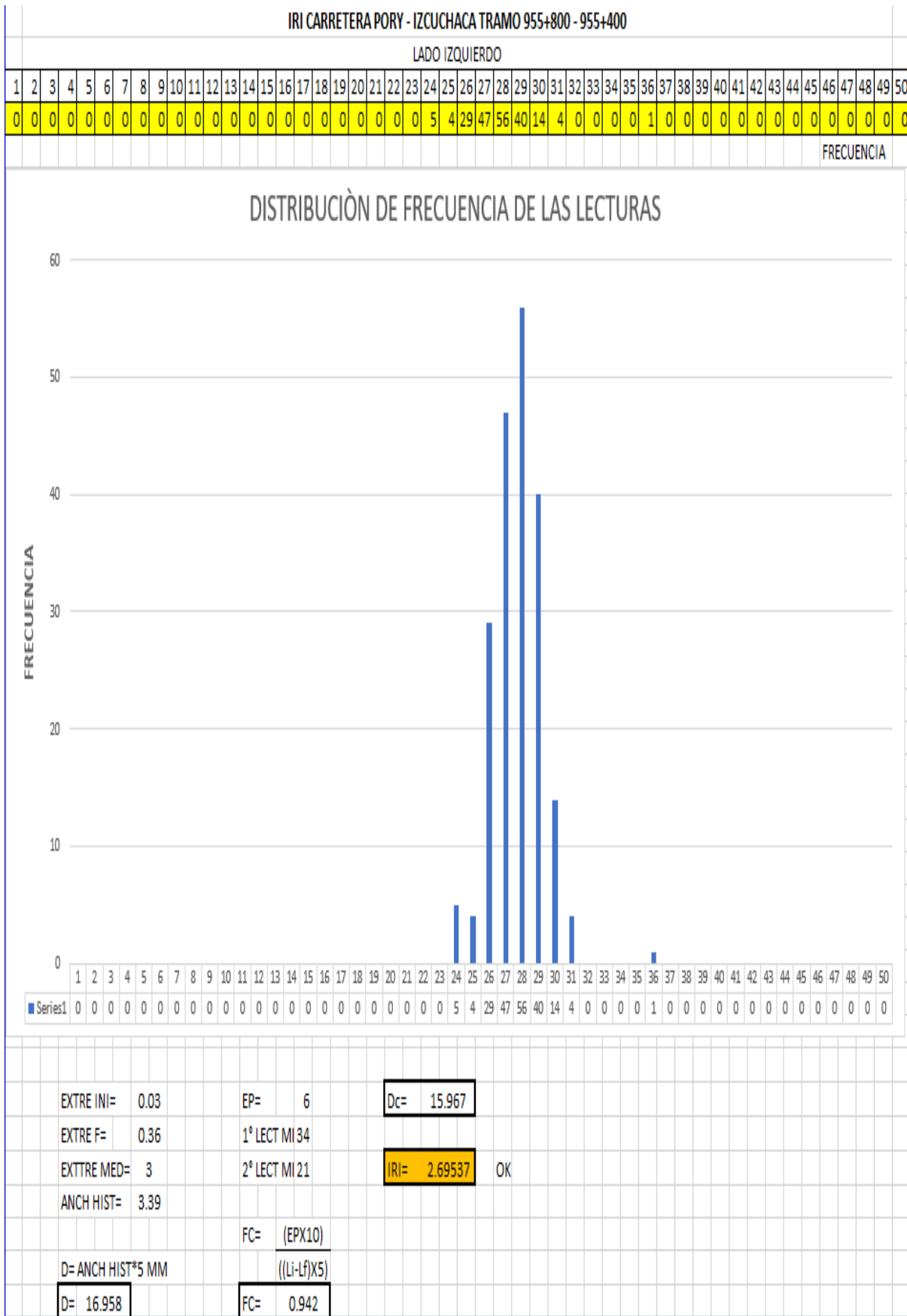
PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DEL IRI

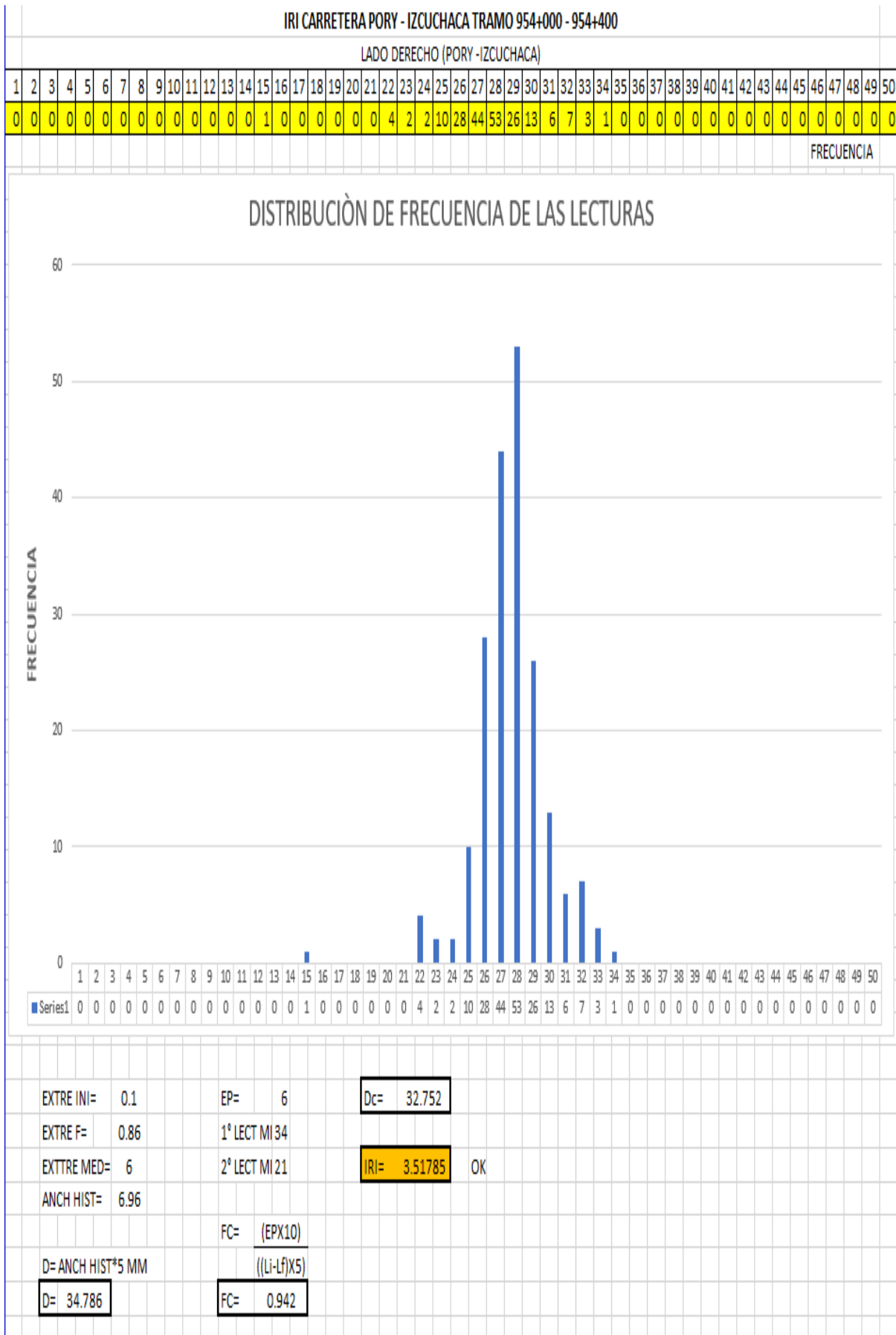
| IRI CARRETERA PORY - IZCUCHACA TRAMO 955+000 - 955+400 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |   |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|---|---|---|---|---|---|
| LADO DERECHO   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50         |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 4  | 4  | 13 | 26 | 47 | 37 | 34 | 13 | 9  | 2  | 2  | 4  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0          | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | FRECUENCIA |   |   |   |   |   |   |

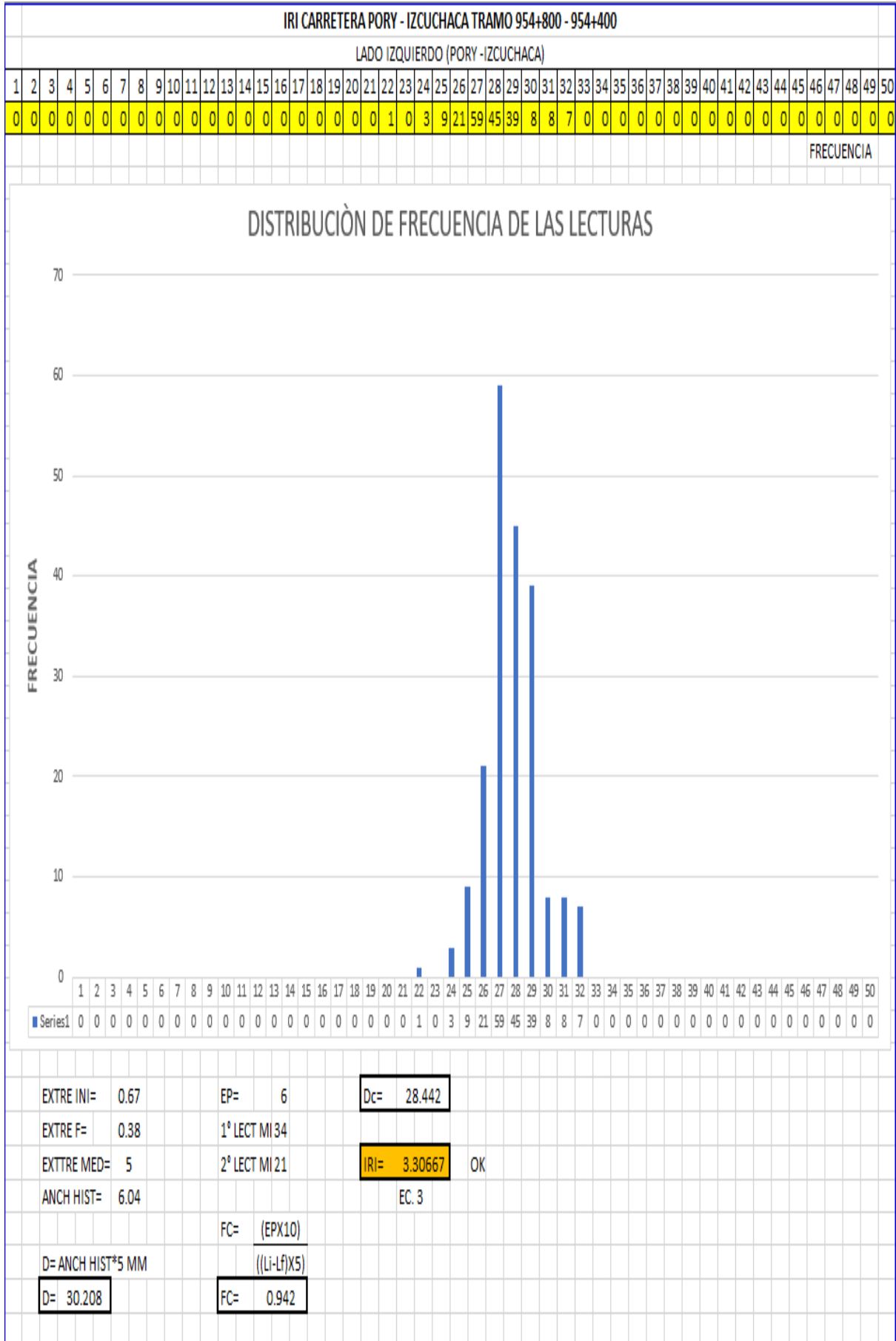


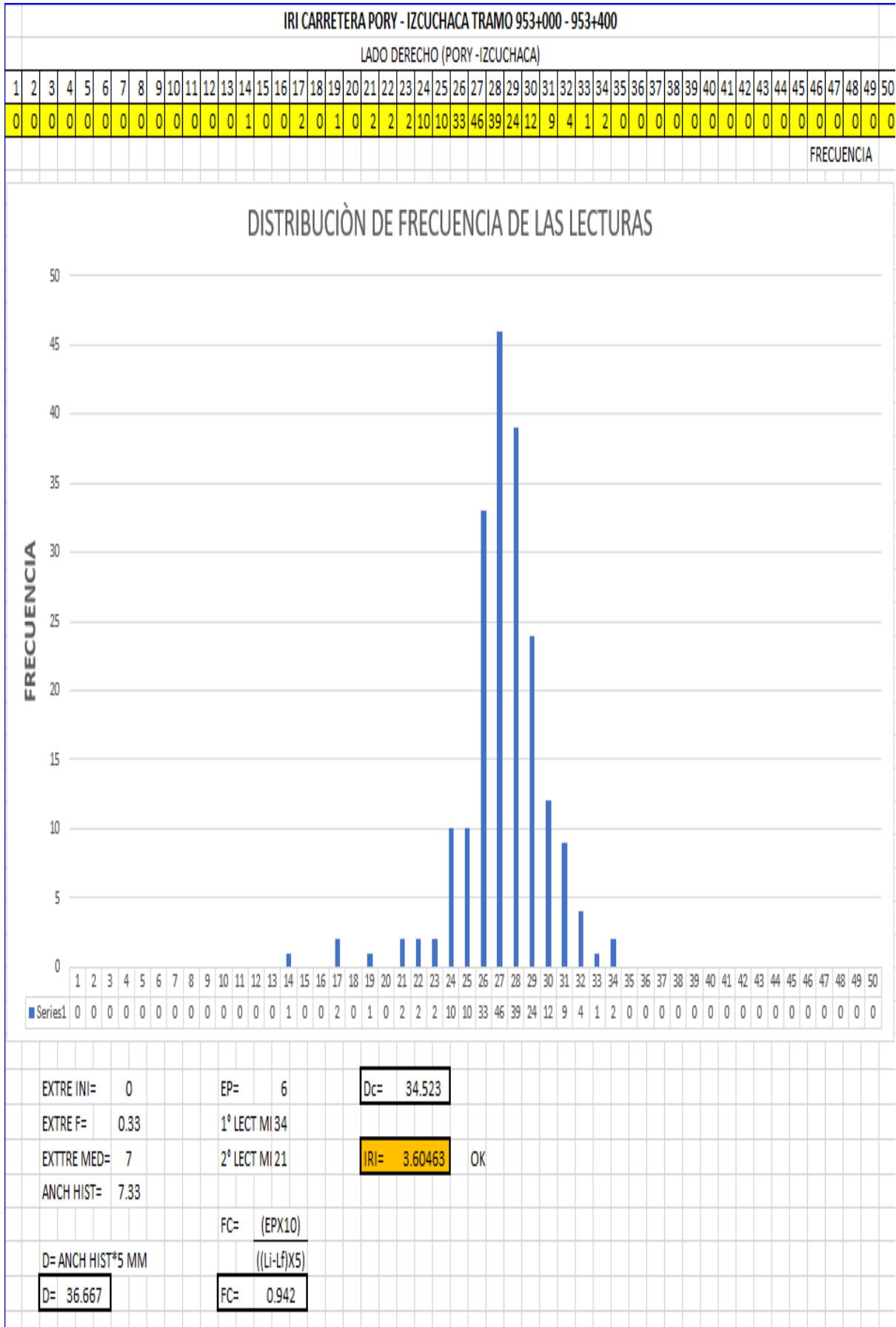
|                   |        |            |             |      |            |
|-------------------|--------|------------|-------------|------|------------|
| EXTRE INI=        | 0.5    | EP=        | 6           | Dc=  | 31.123     |
| EXTRE F=          | 0.11   | 1º LECT MI | 34          |      |            |
| EXTRE MED=        | 6      | 2º LECT MI | 21          | IRI= | 3.43803 OK |
| ANCH HIST=        | 6.61   |            |             |      |            |
|                   |        | FC=        | (EPX10)     |      |            |
|                   |        |            | ((Li-Lf)X5) |      |            |
| D= ANCH HIST*5 MM |        | FC=        | 0.942       |      |            |
| D=                | 33.056 |            |             |      |            |

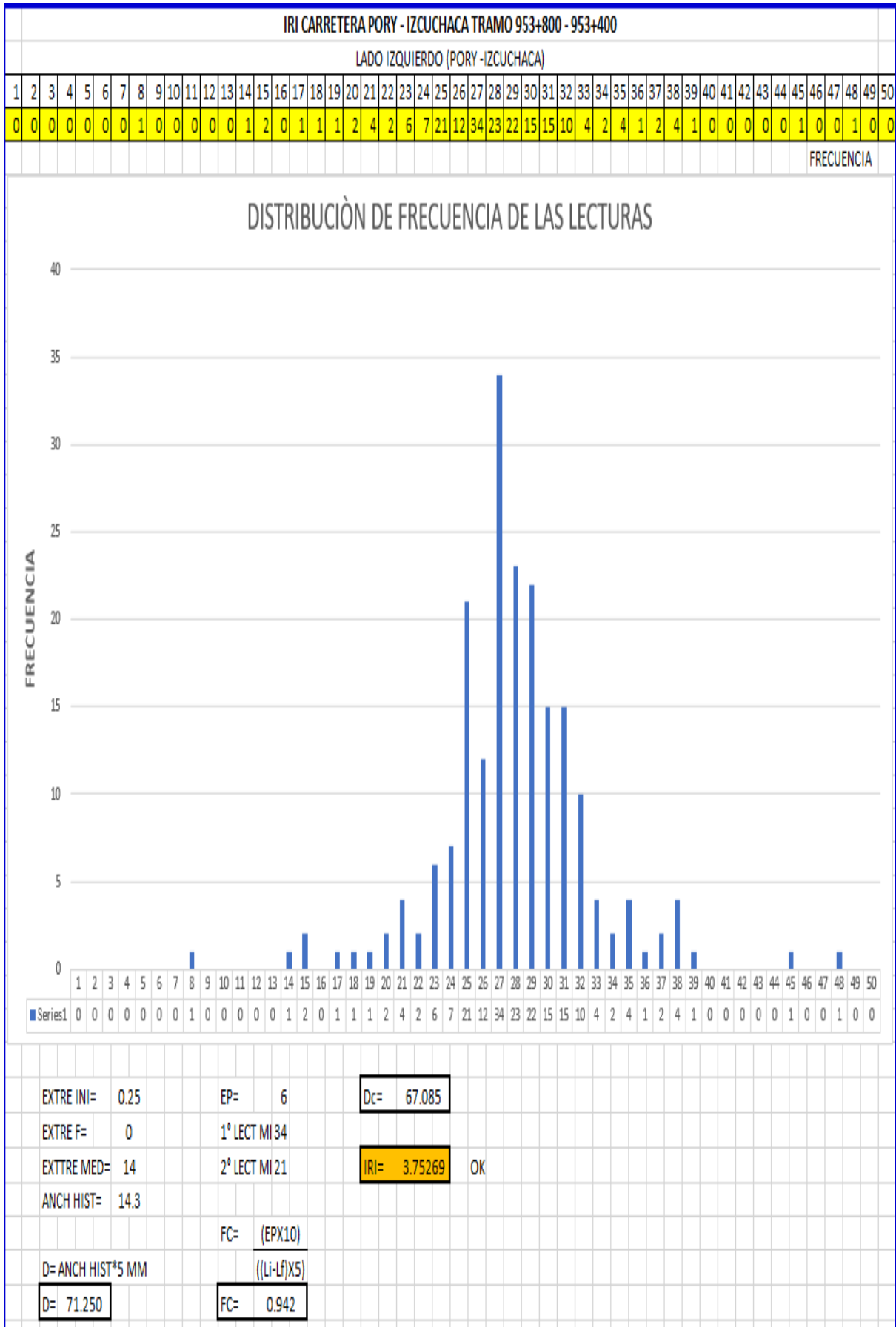










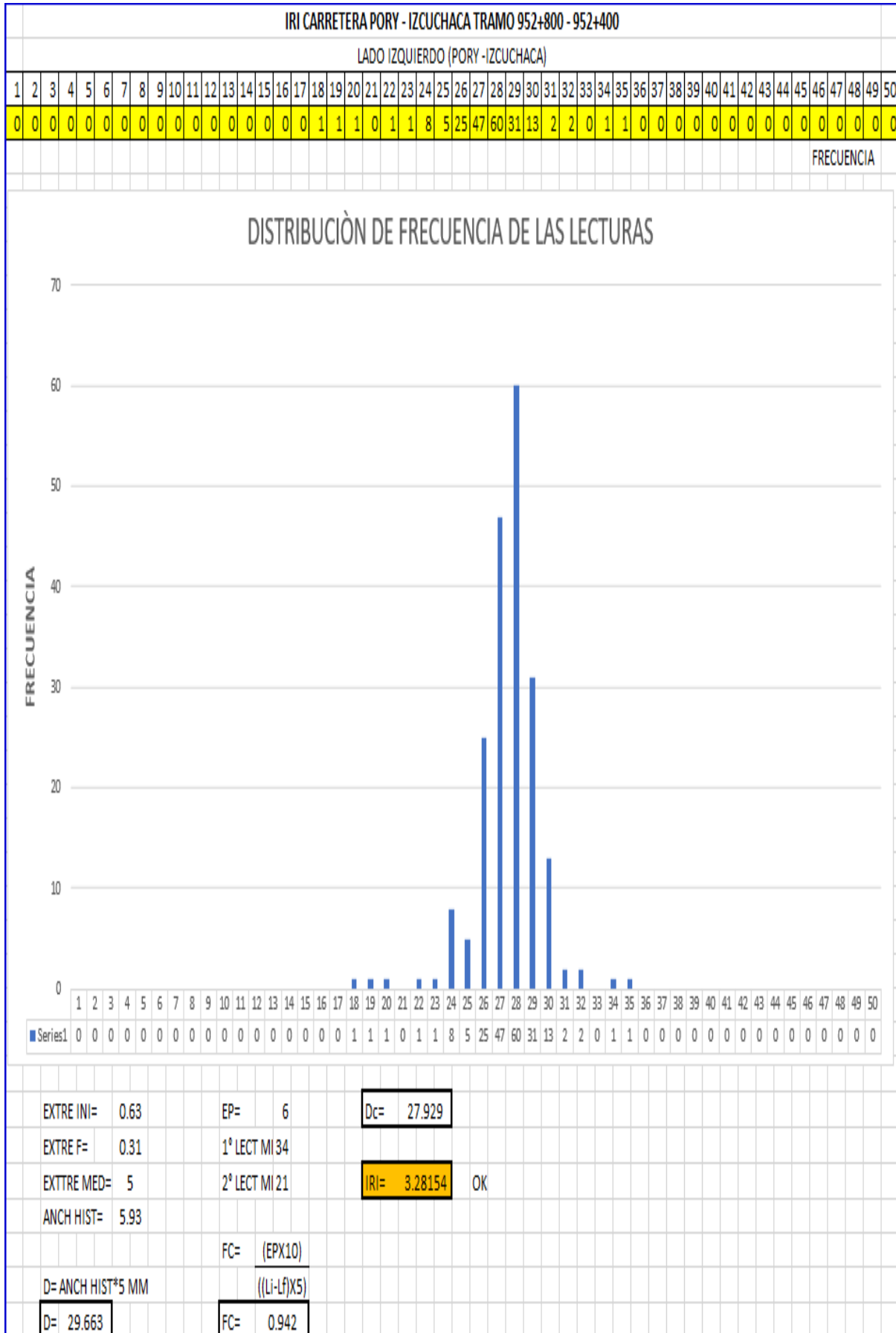




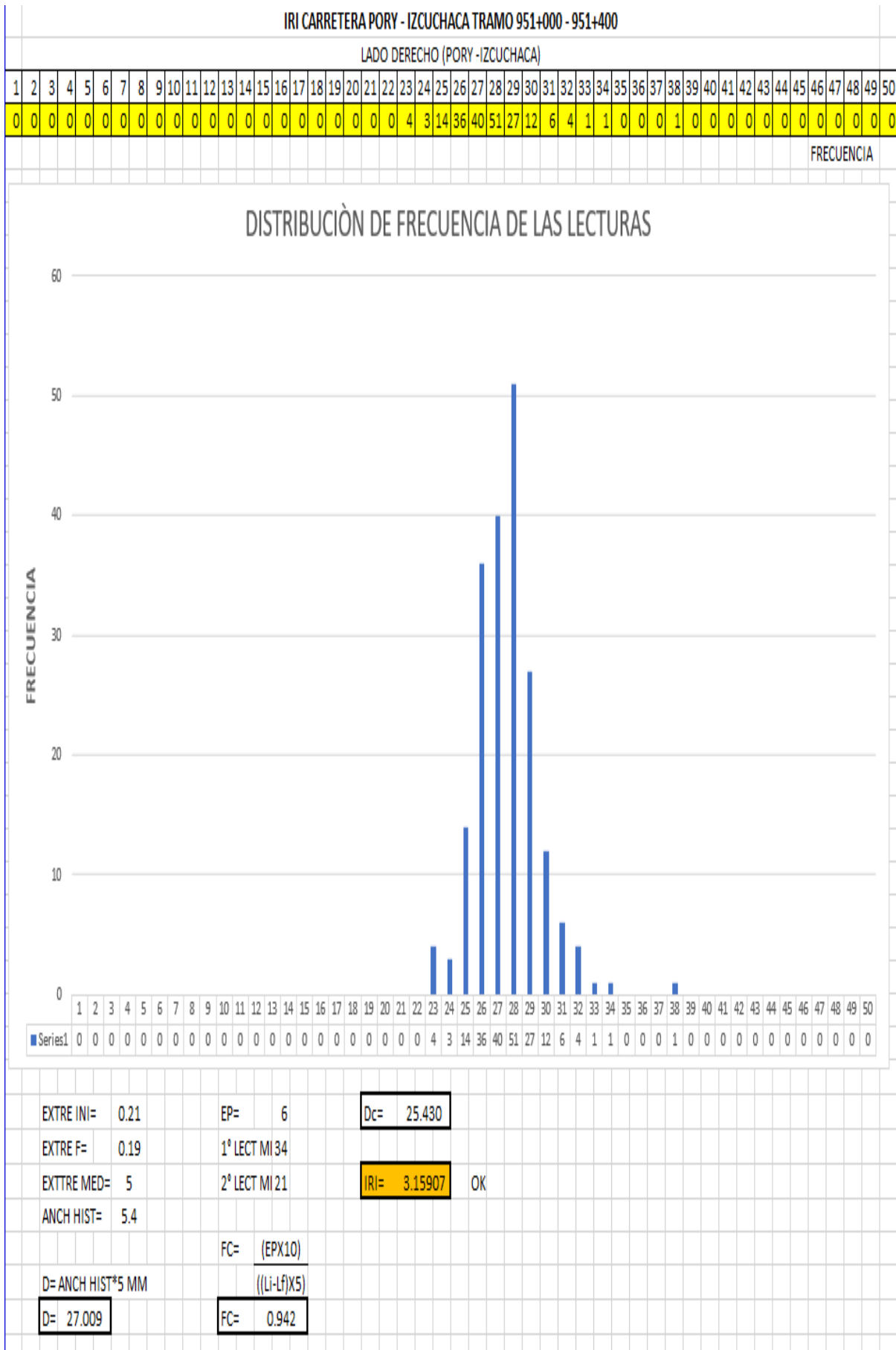
| IRI CARRETERA PORY - IZCUCHACA TRAMO 952+000 - 952+400 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|---|---|---|---|
| LADO DERECHO (PORY -IZCUCHACA)                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |   |   |   |   |
| 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50         |   |   |   |   |
| 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 0  | 1  | 1  | 3  | 15 | 27 | 43 | 47 | 33 | 15 | 4  | 6  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0          | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | FRECUENCIA |   |   |   |   |

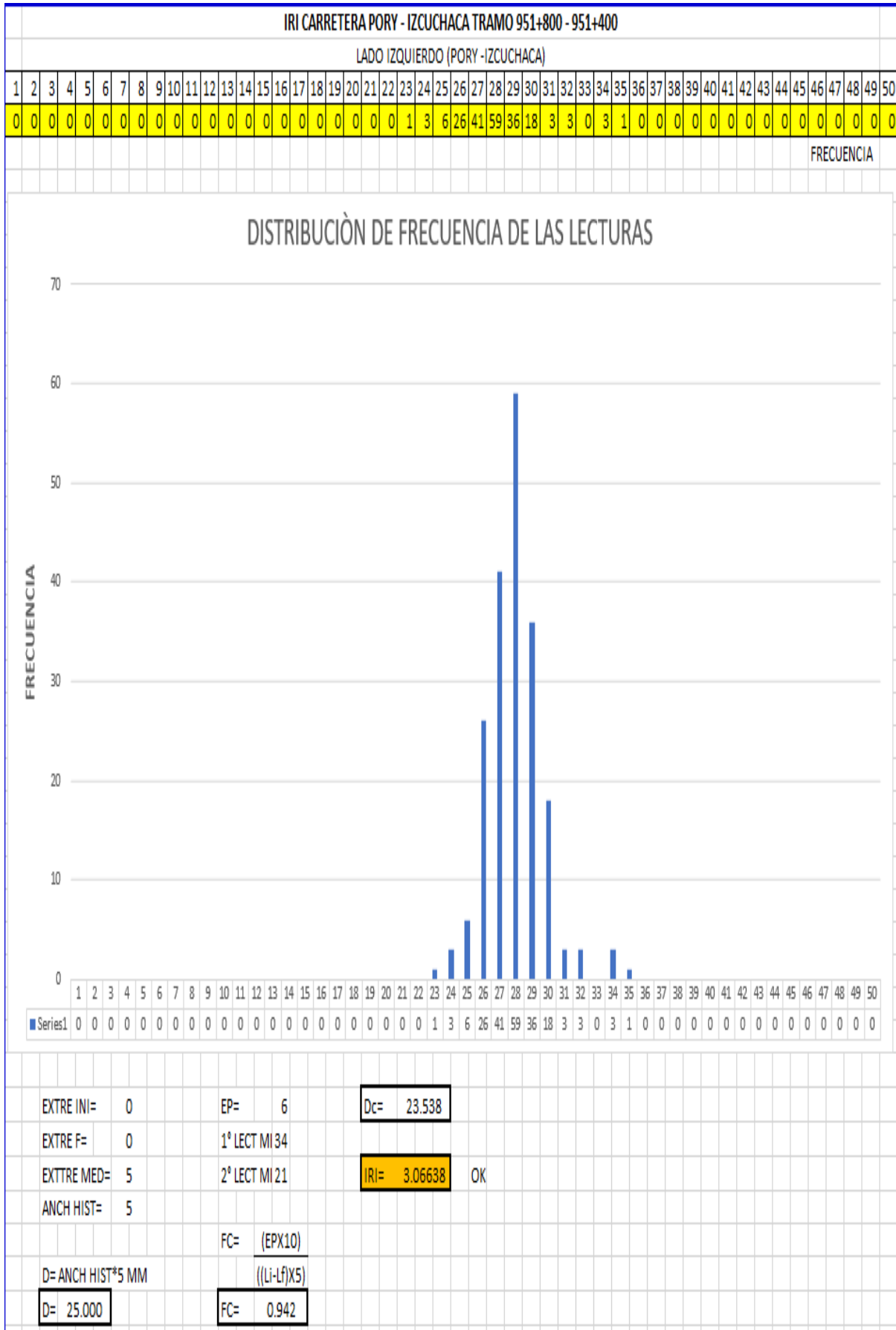


|                   |               |              |    |
|-------------------|---------------|--------------|----|
| EXTRE INI= 0.13   | EP= 6         | Dc= 26.520   |    |
| EXTRE F= 0.5      | 1º LECT MI 34 |              |    |
| EXTRE MED= 5      | 2º LECT MI 21 | IRI= 3.21248 | OK |
| ANCH HIST= 5.63   |               |              |    |
|                   | FC= (EPX10)   |              |    |
| D= ANCH HIST*5 MM | ((Li-Lf)/X5)  |              |    |
| D= 28.167         | FC= 0.942     |              |    |



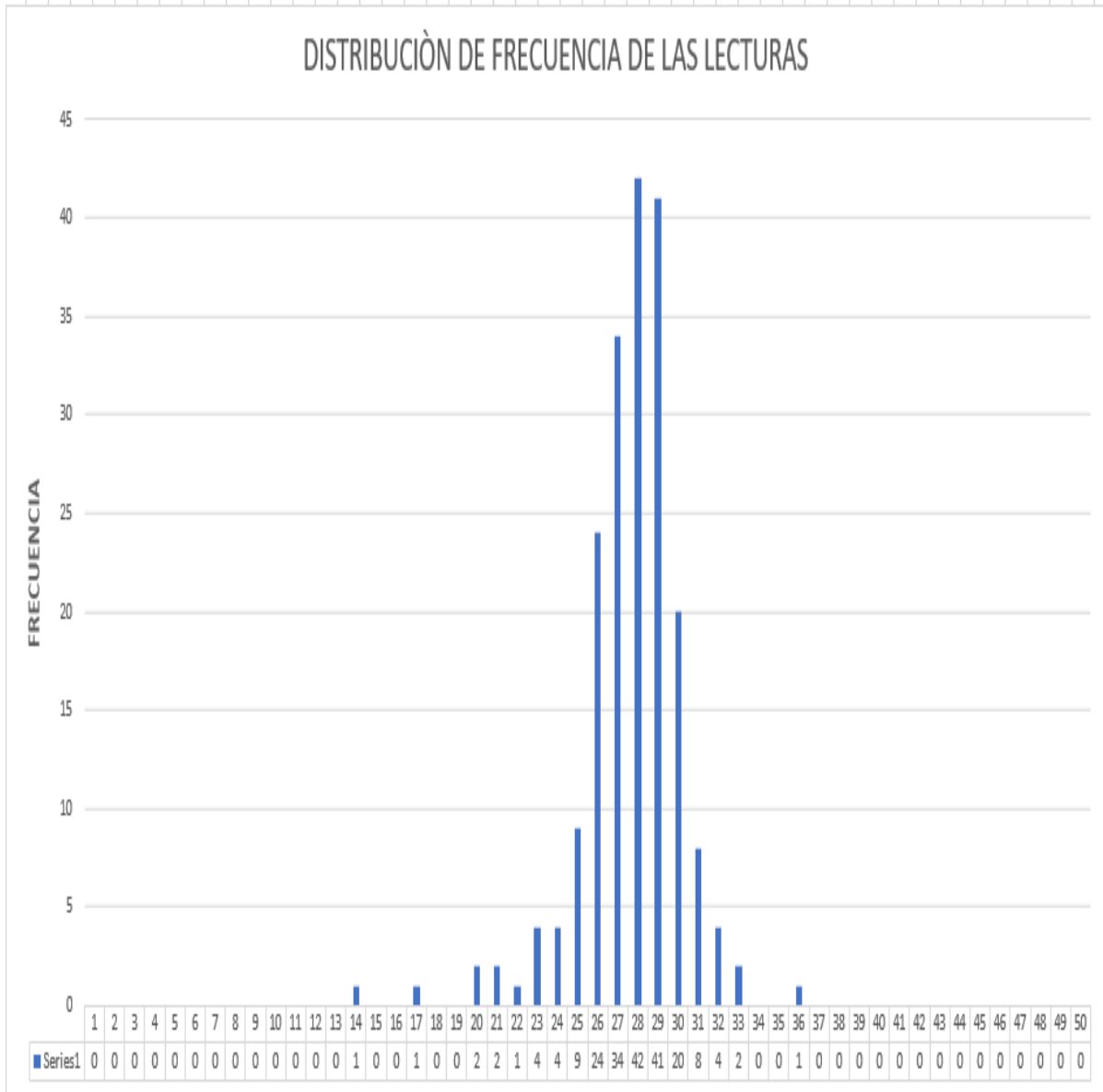








| IRI CARRETERA PORY - IZCUCHACA TRAMO 950+000 - 950+400 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|---|---|---|---|
| LADO DERECHO (PORY -IZCUCHACA)                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |   |   |   |   |
| 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50         |   |   |   |   |
| 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 2  | 2  | 1  | 4  | 4  | 9  | 24 | 34 | 42 | 41 | 20 | 8  | 4  | 2  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0          | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | FRECUENCIA |   |   |   |   |



|                   |        |            |              |      |            |
|-------------------|--------|------------|--------------|------|------------|
| EXTRE INI=        | 0.75   | EP=        | 6            | Dc=  | 38.250     |
| EXTRE F=          | 0.38   | 1º LECT MI | 34           |      |            |
| EXTRE MED=        | 7      | 2º LECT MI | 21           | IRI= | 3.78725 OK |
| ANCH HIST=        | 8.13   |            |              |      |            |
|                   |        | FC=        | (EPX10)      |      |            |
| D= ANCH HIST*5 MM |        |            | ((Li-Lf)/X5) |      |            |
| D=                | 40.625 | FC=        | 0.942        |      |            |

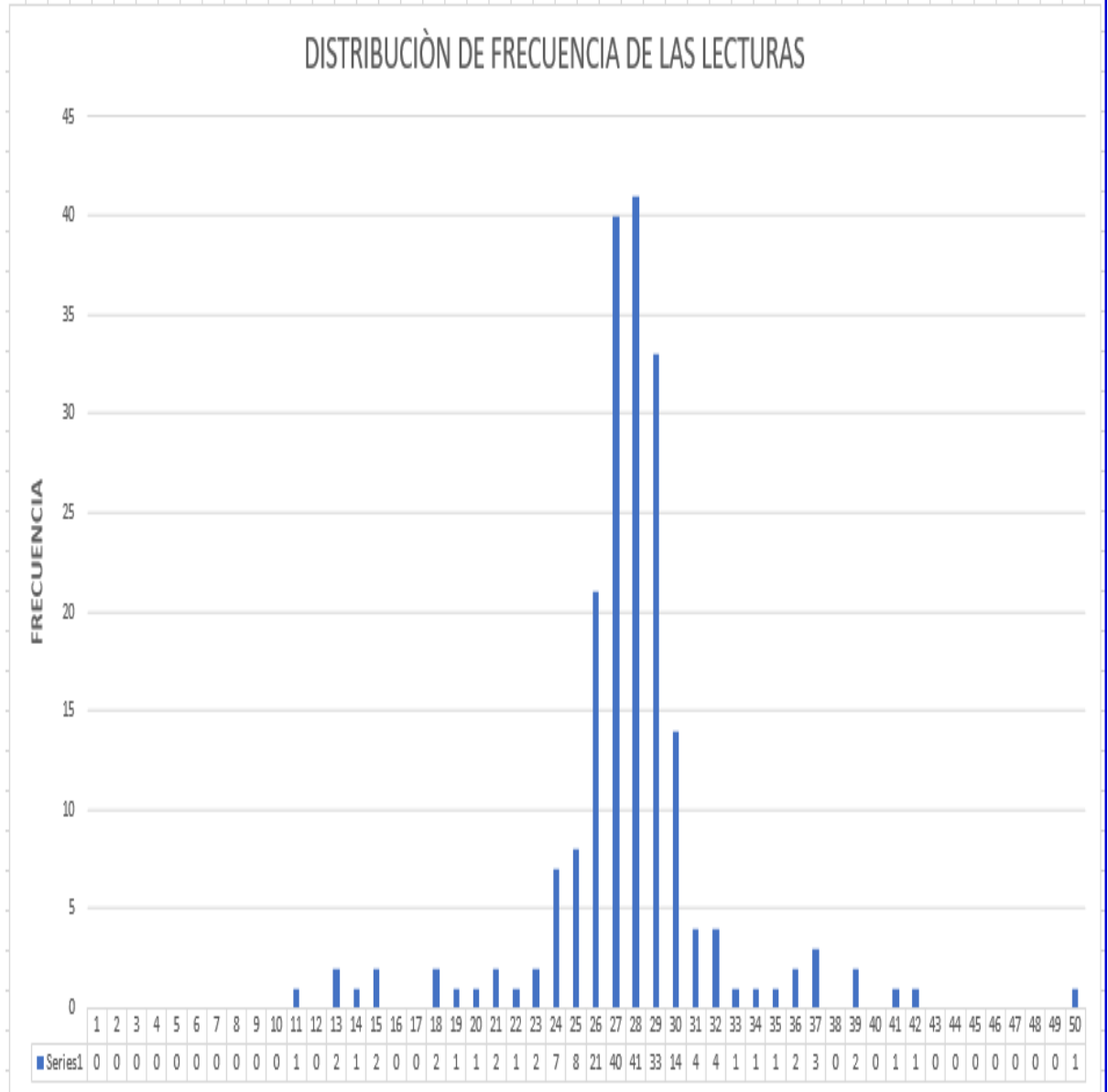


IRI CARRETERA PORY - IZCUCHACA TRAMO 950+800 - 950+400

LADO IZQUIERDO (PORY -IZCUCHACA)

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |   |   |   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 1  | 0  | 2  | 1  | 2  | 0  | 0  | 2  | 1  | 1  | 2  | 1  | 2  | 1  | 2  | 7  | 8  | 21 | 40 | 41 | 33 | 14 | 4  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 3  | 0  | 2  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 1 |

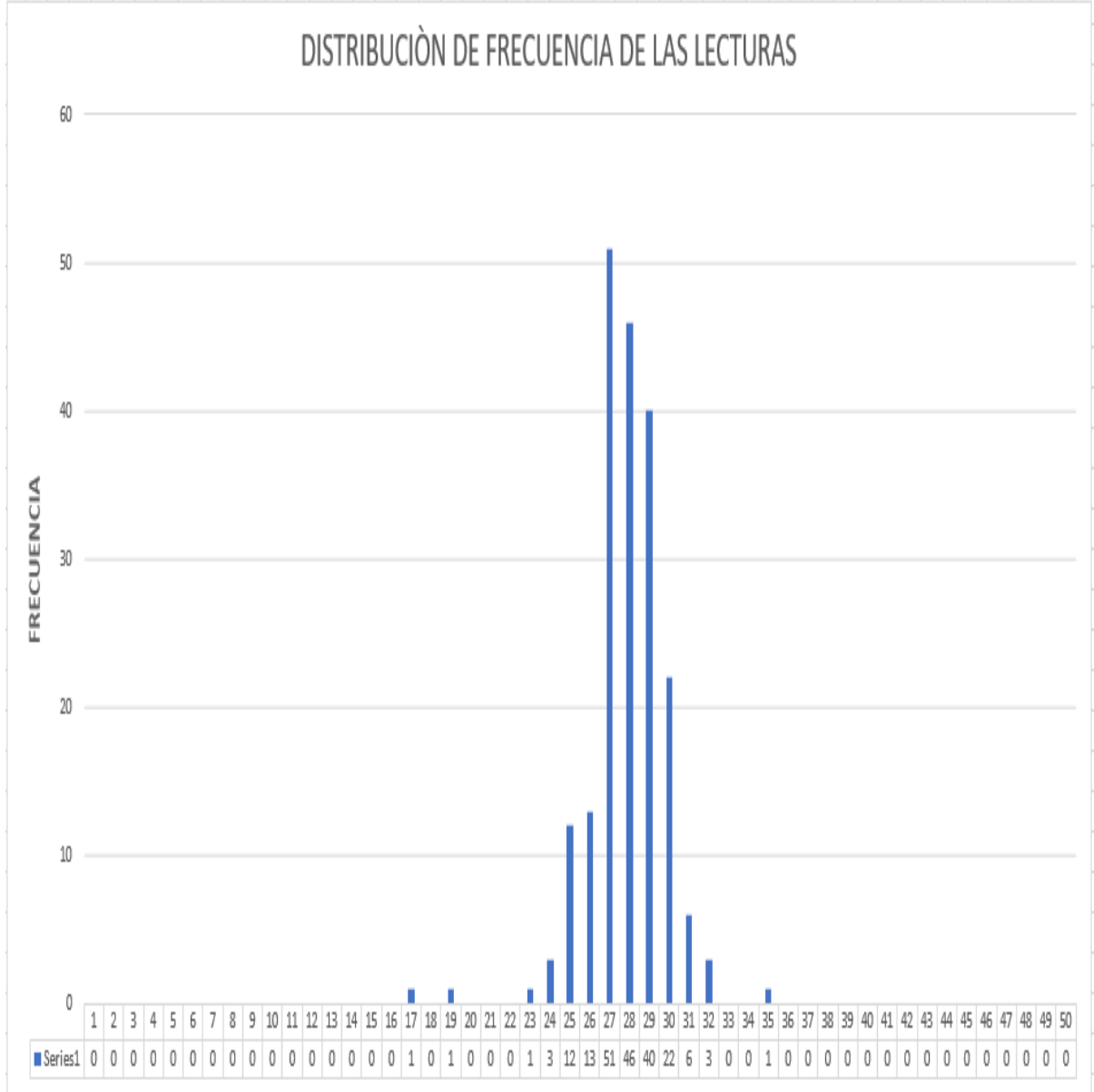
FRECUENCIA



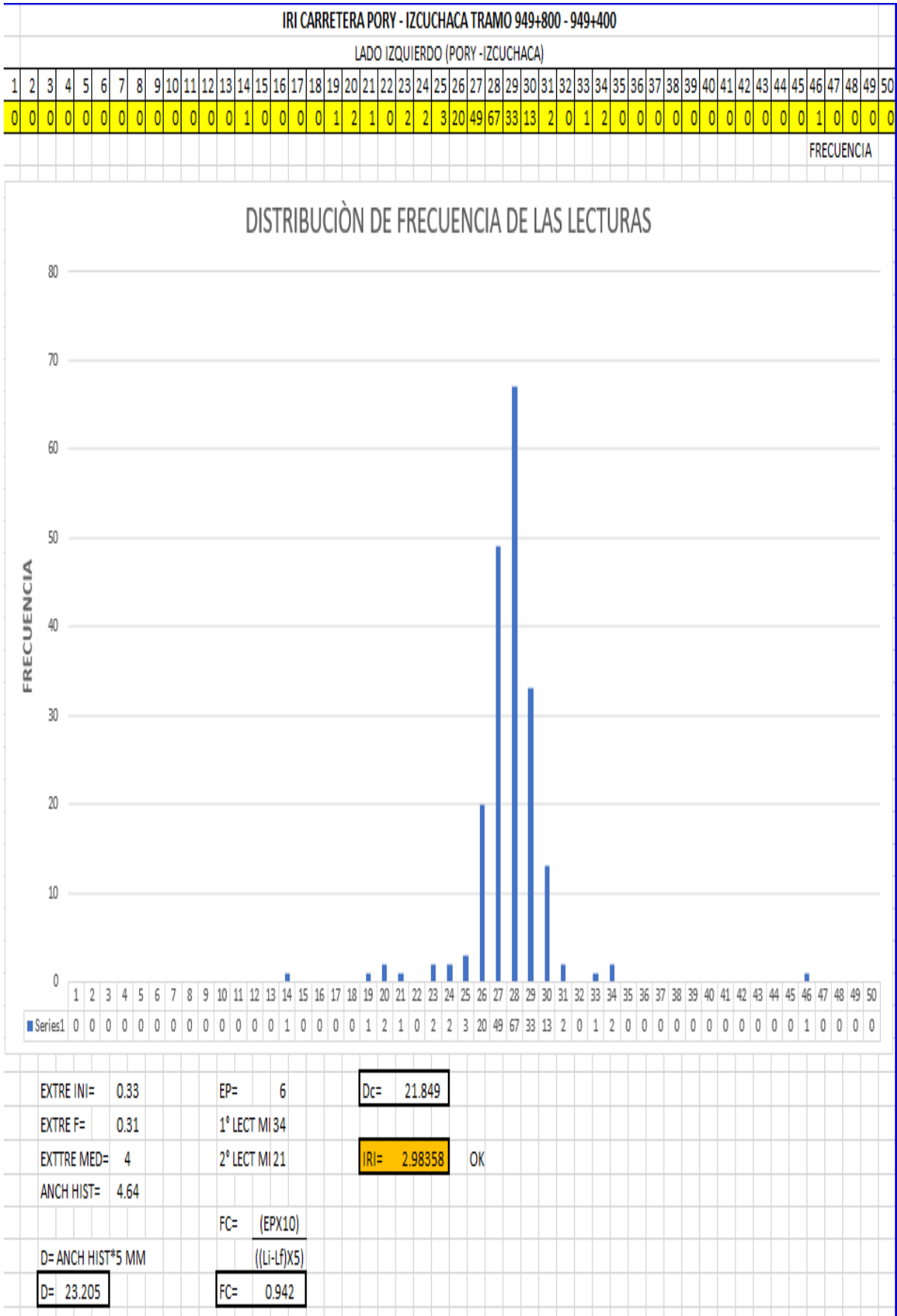
|                   |        |            |              |      |            |
|-------------------|--------|------------|--------------|------|------------|
| EXTRE INI=        | 0      | EP=        | 6            | Dc=  | 65.908     |
| EXTRE F=          | 0      | 1° LECT MI | 34           |      |            |
| EXTRE MED=        | 14     | 2° LECT MI | 21           | IRI= | 3.69725 OK |
| ANCH HIST=        | 14     |            |              |      |            |
|                   |        | FC=        | (EPX10)      |      |            |
| D= ANCH HIST*5 MM |        |            | ((Li-Lf)/X5) |      |            |
| D=                | 70.000 | FC=        | 0.942        |      |            |



| IRI CARRETERA PORY - IZCUCHACA TRAMO 949+000 - 949+400 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|---|---|---|---|
| LADO DERECHO (PORY - IZCUCHACA)                        |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |   |   |   |   |
| 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50         |   |   |   |   |
| 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 3  | 12 | 13 | 51 | 46 | 40 | 22 | 6  | 3  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0          | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | FRECUENCIA |   |   |   |   |



|                   |               |                 |
|-------------------|---------------|-----------------|
| EXTRE INI= 0.33   | EP= 6         | Dc= 25.108      |
| EXTRE F= 0        | 1ª LECT MI 34 |                 |
| EXTRE MED= 5      | 2ª LECT MI 21 | IRI= 3.14328 OK |
| ANCH HIST= 5.33   |               |                 |
|                   | FC= (EPX10)   |                 |
| D= ANCH HIST*5 MM | ((Li-Lf)/X5)  |                 |
| D= 26.667         | FC= 0.942     |                 |





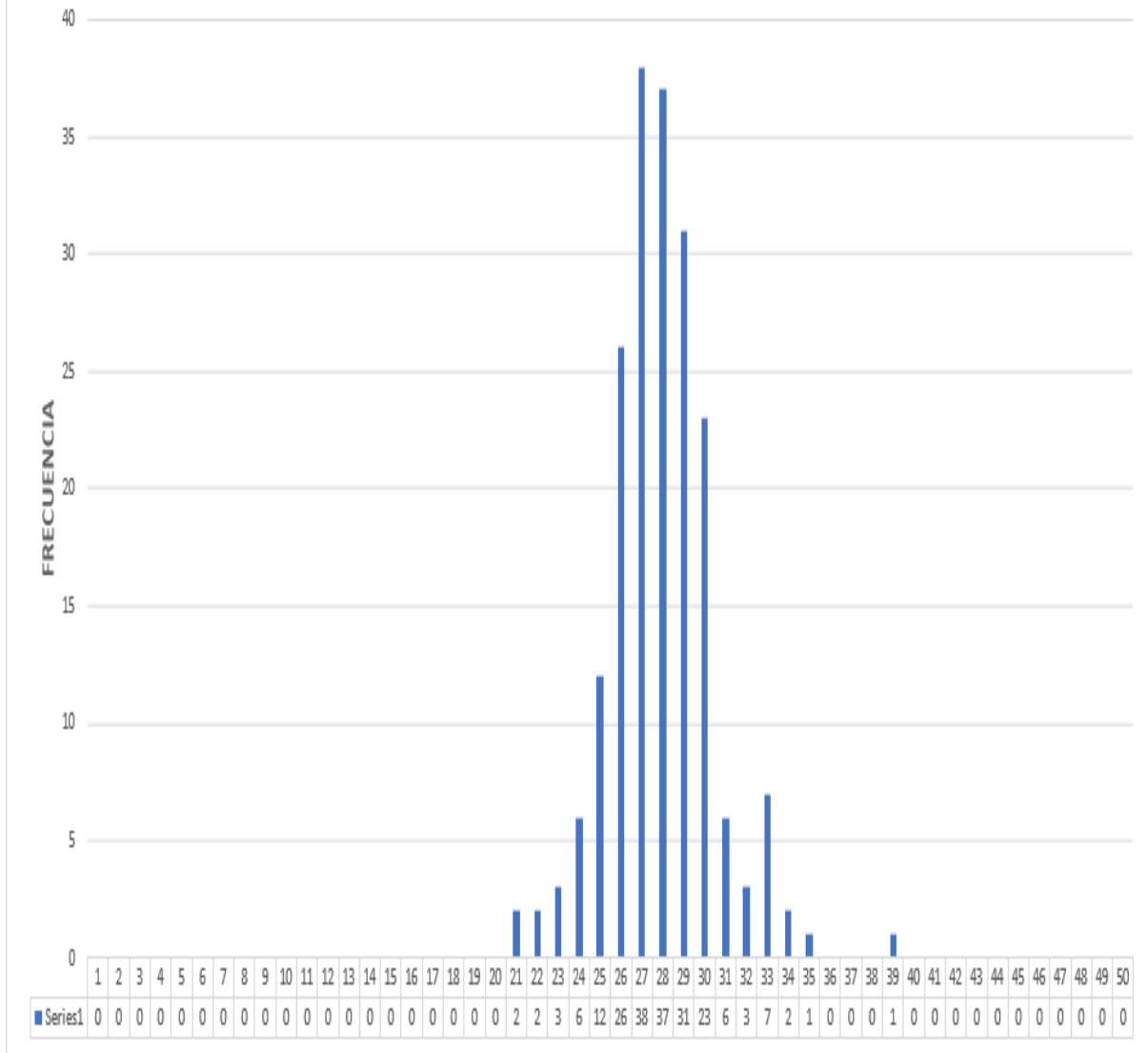
IRI CARRETERA PORY - IZCUCHACA TRAMO 948+000 - 948+400

LADO DERECHO (PORY-IZCUCHACA)

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |   |   |   |   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 2  | 3  | 6  | 12 | 26 | 38 | 37 | 31 | 23 | 6  | 3  | 7  | 2  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |

FRECUENCIA

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE LAS LECTURAS



|                   |        |            |             |      |            |
|-------------------|--------|------------|-------------|------|------------|
| EXTRE INI=        | 0.5    | EP=        | 6           | Dc=  | 44.051     |
| EXTRE F=          | 0.86   | 1ª LECT MI | 34          |      |            |
| EXTRE MED=        | 8      | 2ª LECT MI | 21          | IRI= | 4.07148 OK |
| ANCH HIST=        | 9.36   |            |             |      |            |
|                   |        | FC=        | (EPX10)     |      |            |
| D= ANCH HIST*5 MM |        |            | ((Li-Lf)X5) |      |            |
| D=                | 46.786 | FC=        | 0.942       |      |            |





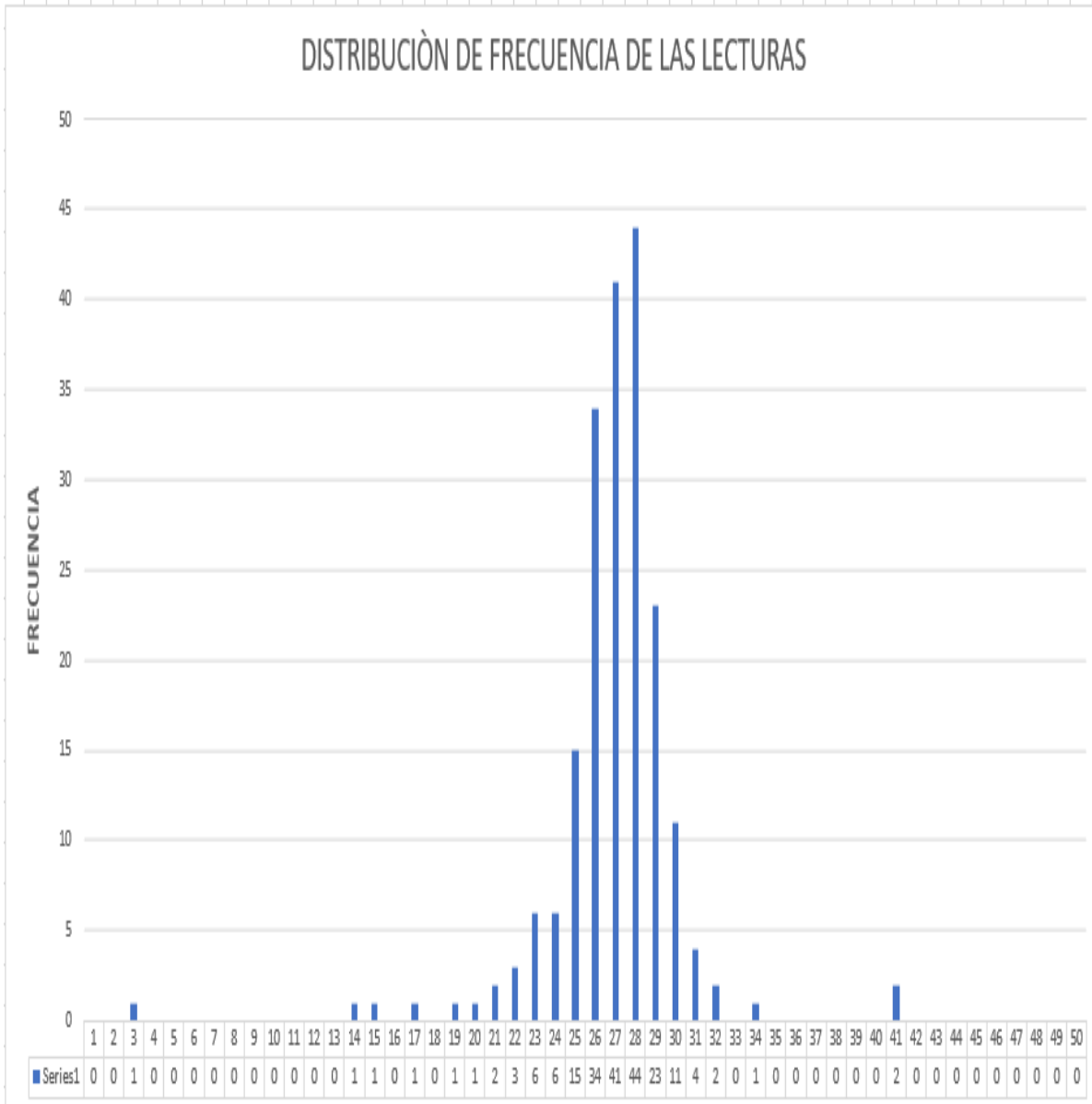
IRI CARRETERA PORY - IZCUCHACA TRAMO 948+800 - 948+400

LADO IZQUIERDO (PORY -IZCUCHACA)

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |   |   |   |   |   |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 2  | 3  | 6  | 6  | 15 | 34 | 41 | 44 | 23 | 11 | 4  | 2  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

FRECUENCIA

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE LAS LECTURAS



|                   |        |            |              |      |            |
|-------------------|--------|------------|--------------|------|------------|
| EXTRE INI=        | 0.67   | EP=        | 6            | Dc=  | 36.520     |
| EXTRE F=          | 0.09   | 1ª LECT MI | 34           |      |            |
| EXTRE MED=        | 7      | 2ª LECT MI | 21           | IRI= | 3.70249 OK |
| ANCH HIST=        | 7.76   |            |              |      |            |
|                   |        | FC=        | (EPX10)      |      |            |
| D= ANCH HIST*5 MM |        |            | ((Li-Lf)/X5) |      |            |
| D=                | 38.788 | FC=        | 0.942        |      |            |



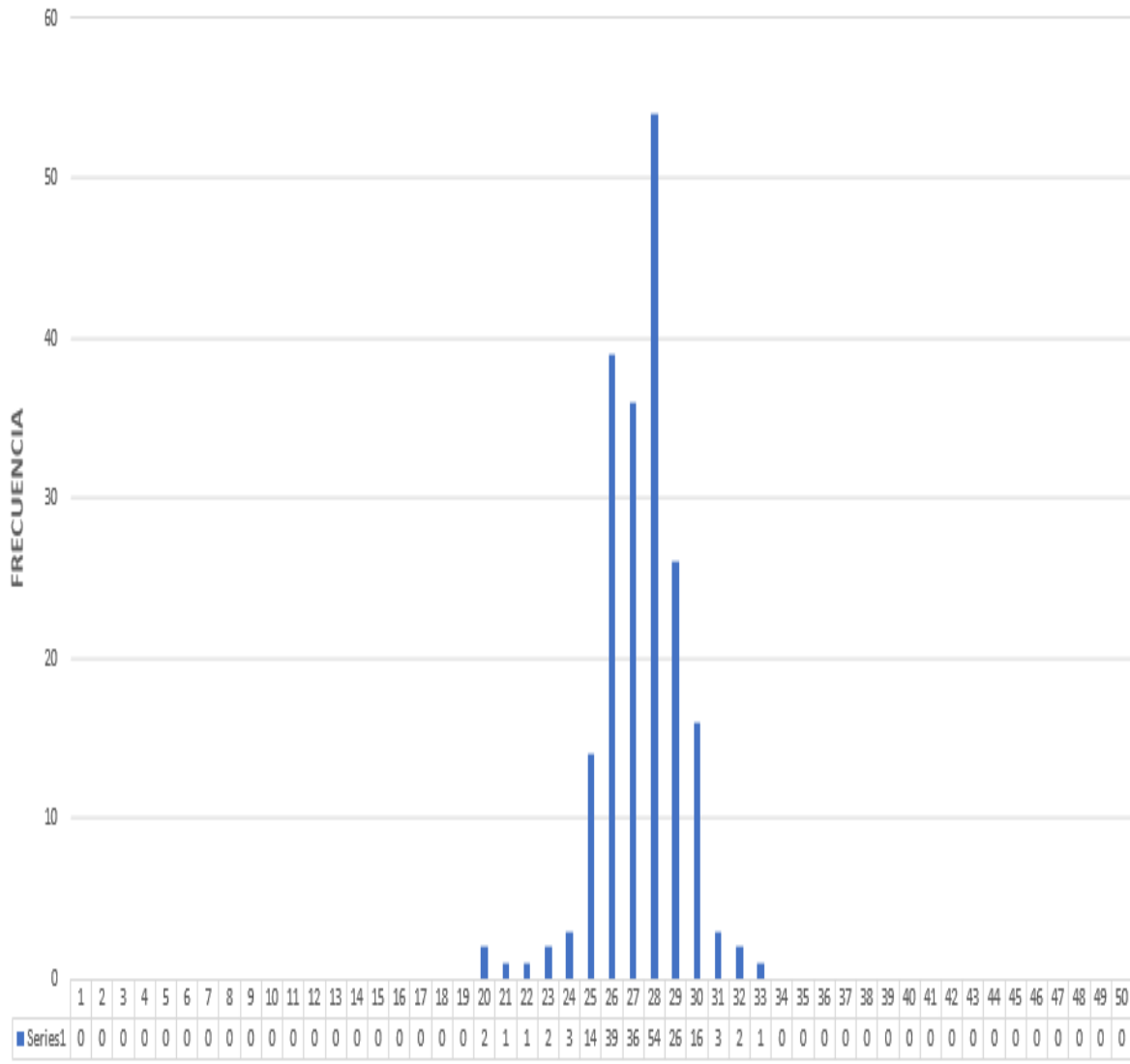
IRI CARRETERA PORY - IZCUCHACA TRAMO 947+000 - 947+400

LADO DERECHO (PORY -IZCUCHACA)

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |   |   |   |   |   |   |   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 1  | 1  | 2  | 3  | 14 | 39 | 36 | 54 | 26 | 16 | 3  | 2  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

FRECUENCIA

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE LAS LECTURAS



|                   |               |                 |
|-------------------|---------------|-----------------|
| EXTRE INI= 0.07   | EP= 6         | Dc= 20.344      |
| EXTRE F= 0.25     | 1ª LECT MI 34 |                 |
| EXTRE MED= 4      | 2ª LECT MI 21 | IRI= 2.90985 OK |
| ANCH HIST= 4.32   | FC= (EPX10)   |                 |
| D= ANCH HIST*5 MM | ((Li-Lf)/X5)  |                 |
| D= 21.607         | FC= 0.942     |                 |



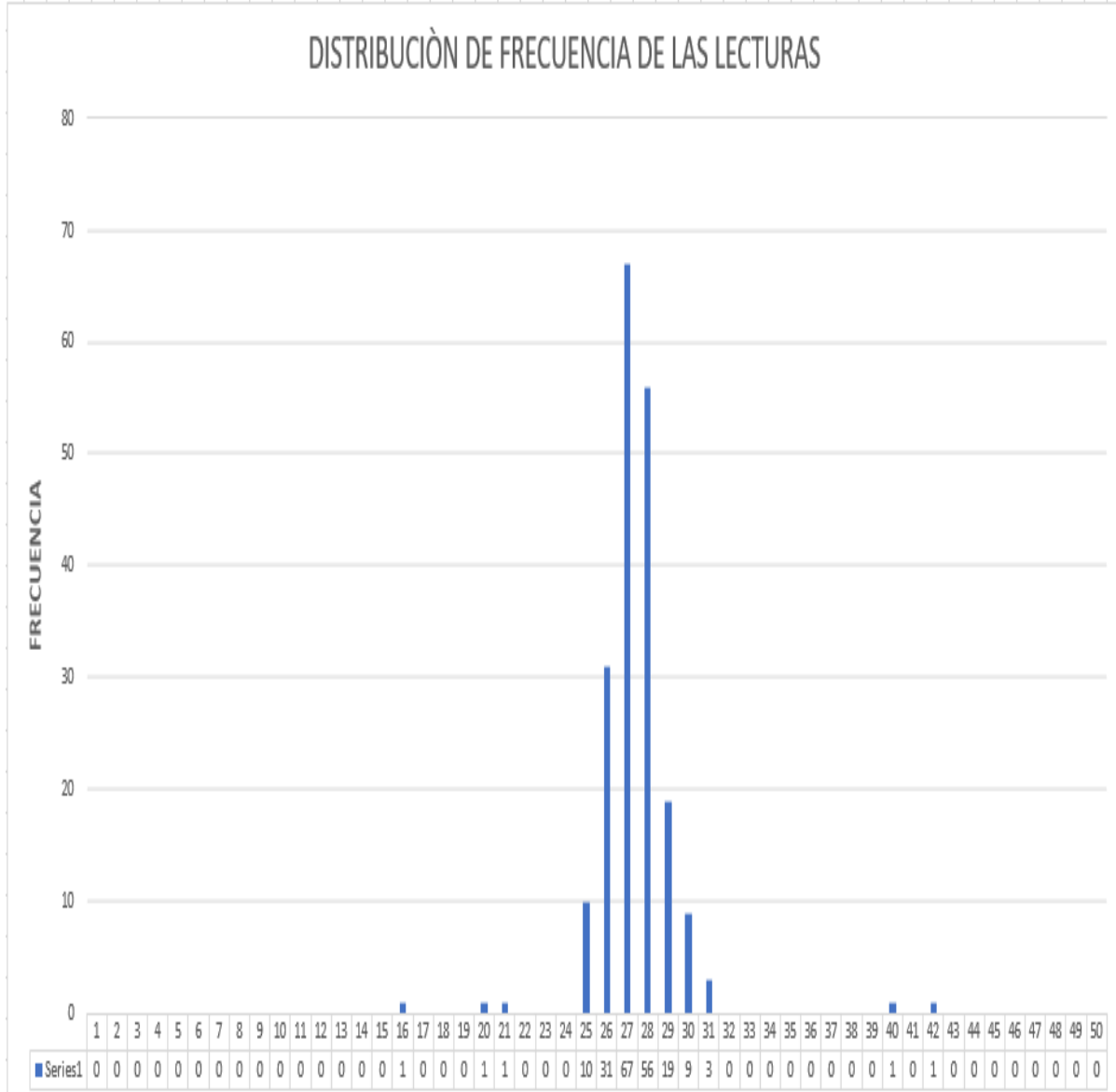
IRI CARRETERA PORY - IZCUCHACA TRAMO 947+800 - 947+400

LADO IZQUIERDO (PORY - IZCUCHACA)

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |   |   |   |   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 10 | 31 | 67 | 56 | 19 | 9  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |

FRECUENCIA

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE LAS LECTURAS



|                   |        |            |              |      |            |
|-------------------|--------|------------|--------------|------|------------|
| EXTRE INI=        | 0.7    | EP=        | 6            | Dc=  | 24.742     |
| EXTRE F=          | 0.56   | 1º LECT MI | 34           |      |            |
| EXTRE MED=        | 4      | 2º LECT MI | 21           | IRI= | 3.12534 OK |
| ANCH HIST=        | 5.26   |            |              |      |            |
|                   |        | FC=        | (EPX10)      |      |            |
| D= ANCH HIST*5 MM |        |            | ((Li-Lf)/X5) |      |            |
| D=                | 26.278 | FC=        | 0.942        |      |            |

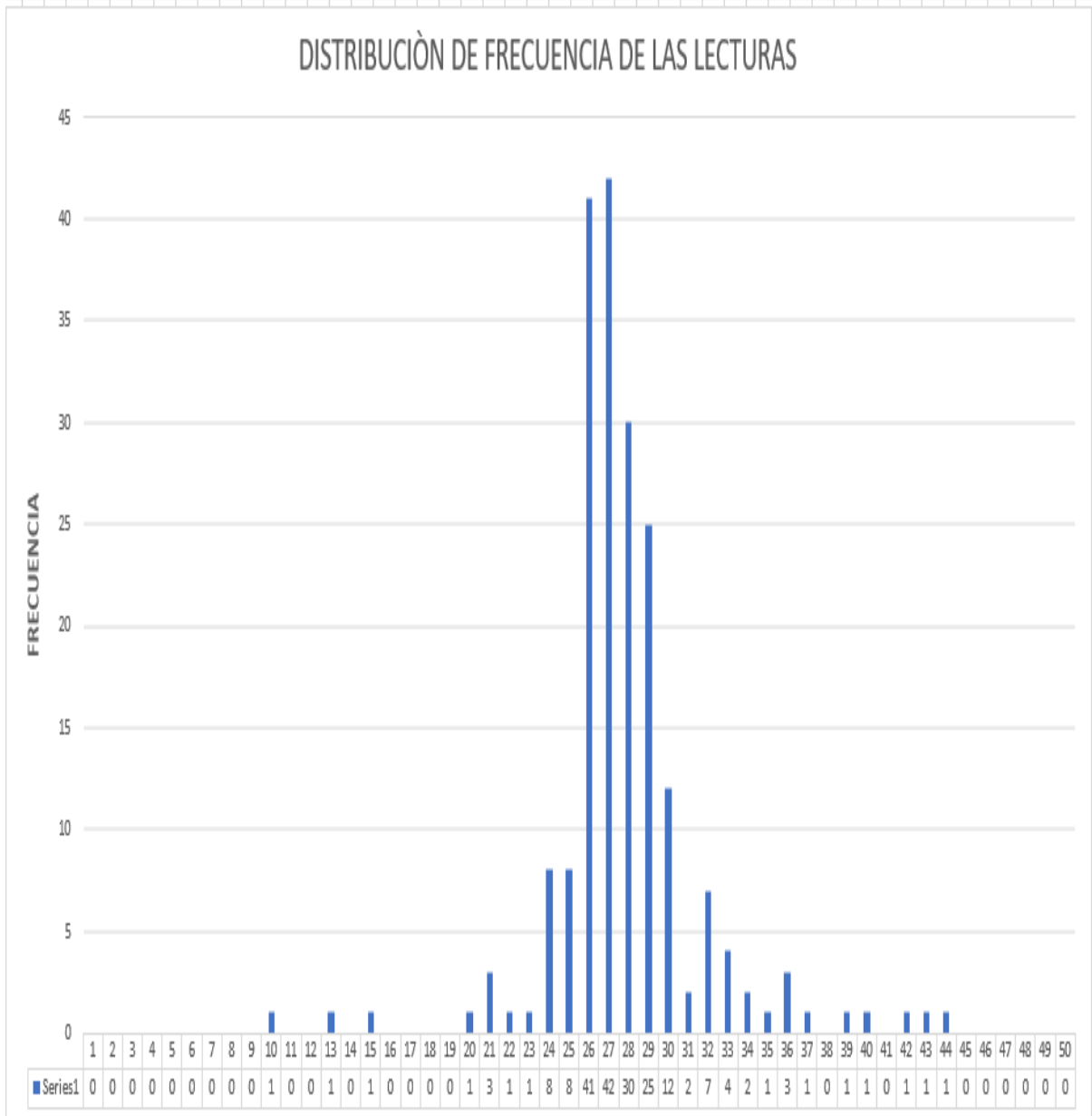


IRI CARRETERA PORY - IZCUCHACA TRAMO 946+000 - 946+400

LADO DERECHO (PORY -IZCUCHACA)

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |   |   |   |   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 3  | 1  | 1  | 8  | 8  | 41 | 42 | 30 | 25 | 12 | 2  | 7  | 4  | 2  | 1  | 3  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |

FRECUENCIA



|                   |        |            |              |      |        |
|-------------------|--------|------------|--------------|------|--------|
| EXTRE INI=        | 0.13   | EP=        | 6            | Dc=  | 47.665 |
| EXTRE F=          | 0      | 1ª LECT MI | 34           | IRI= | 4.2486 |
| EXTRE MED=        | 10     | 2ª LECT MI | 21           |      | OK     |
| ANCH HIST=        | 10.1   | FC=        | (EPX10)      |      |        |
| D= ANCH HIST*5 MM |        |            | ((Li-Lf)/X5) |      |        |
| D=                | 50.625 | FC=        | 0.942        |      |        |

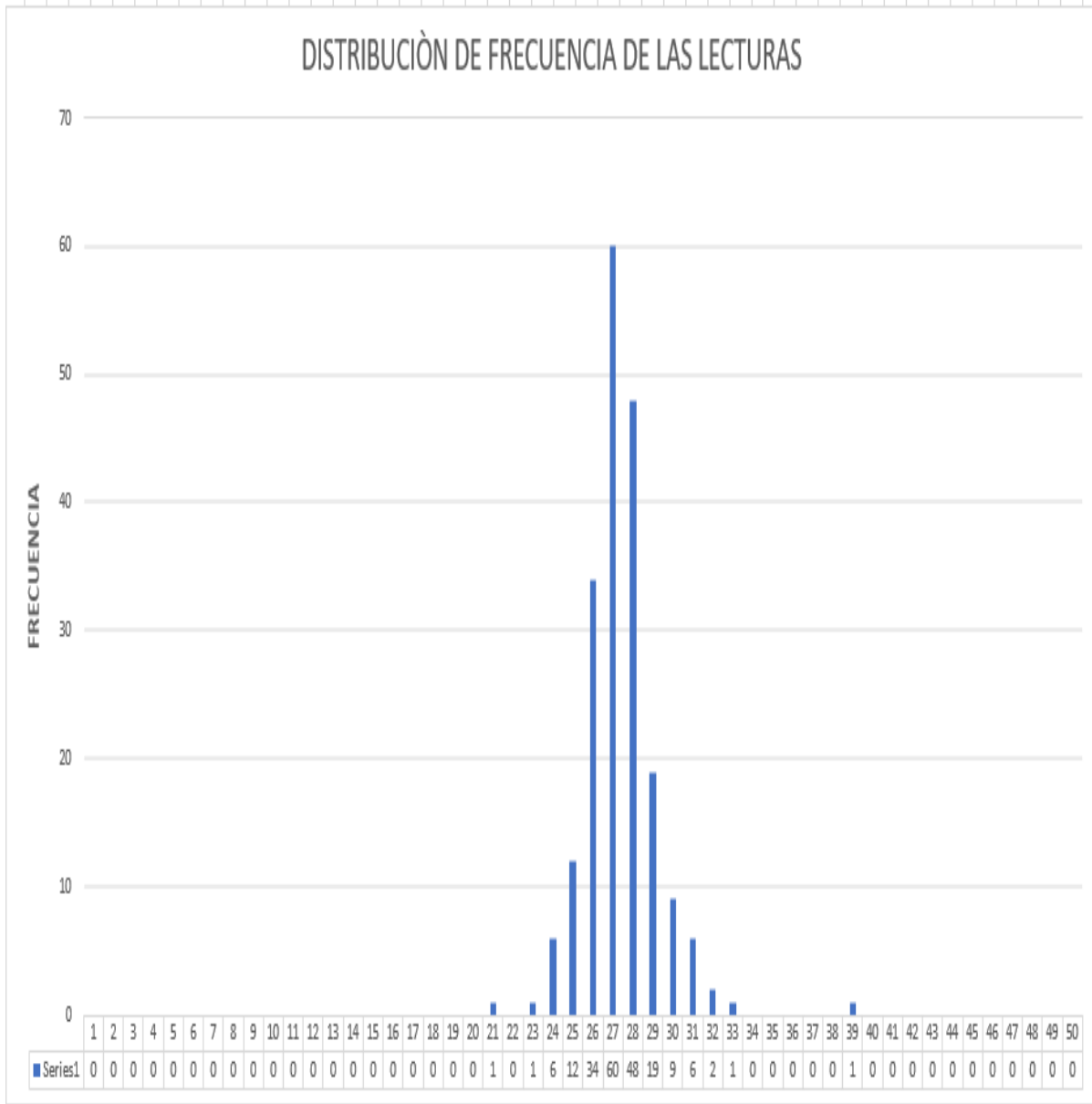


IRI CARRETERA PORY - IZCUCHACA TRAMO 946+800 - 946+400

LADO IZQUIERDO (PORY -IZCUCHACA)

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |   |   |   |   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 6  | 12 | 34 | 60 | 48 | 19 | 9  | 6  | 2  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |

FRECUENCIA



|                   |               |                 |
|-------------------|---------------|-----------------|
| EXTRE INI= 0.17   | EP= 6         | Dc= 24.323      |
| EXTRE F= 0        | 1º LECT MI 34 |                 |
| EXTRE MED= 5      | 2º LECT MI 21 | IRI= 3.10483 OK |
| ANCH HIST= 5.17   |               |                 |
|                   | FC= (EPX10)   |                 |
| D= ANCH HIST*5 MM | ((Li-Lf)/X5)  |                 |
| D= 25.833         | FC= 0.942     |                 |



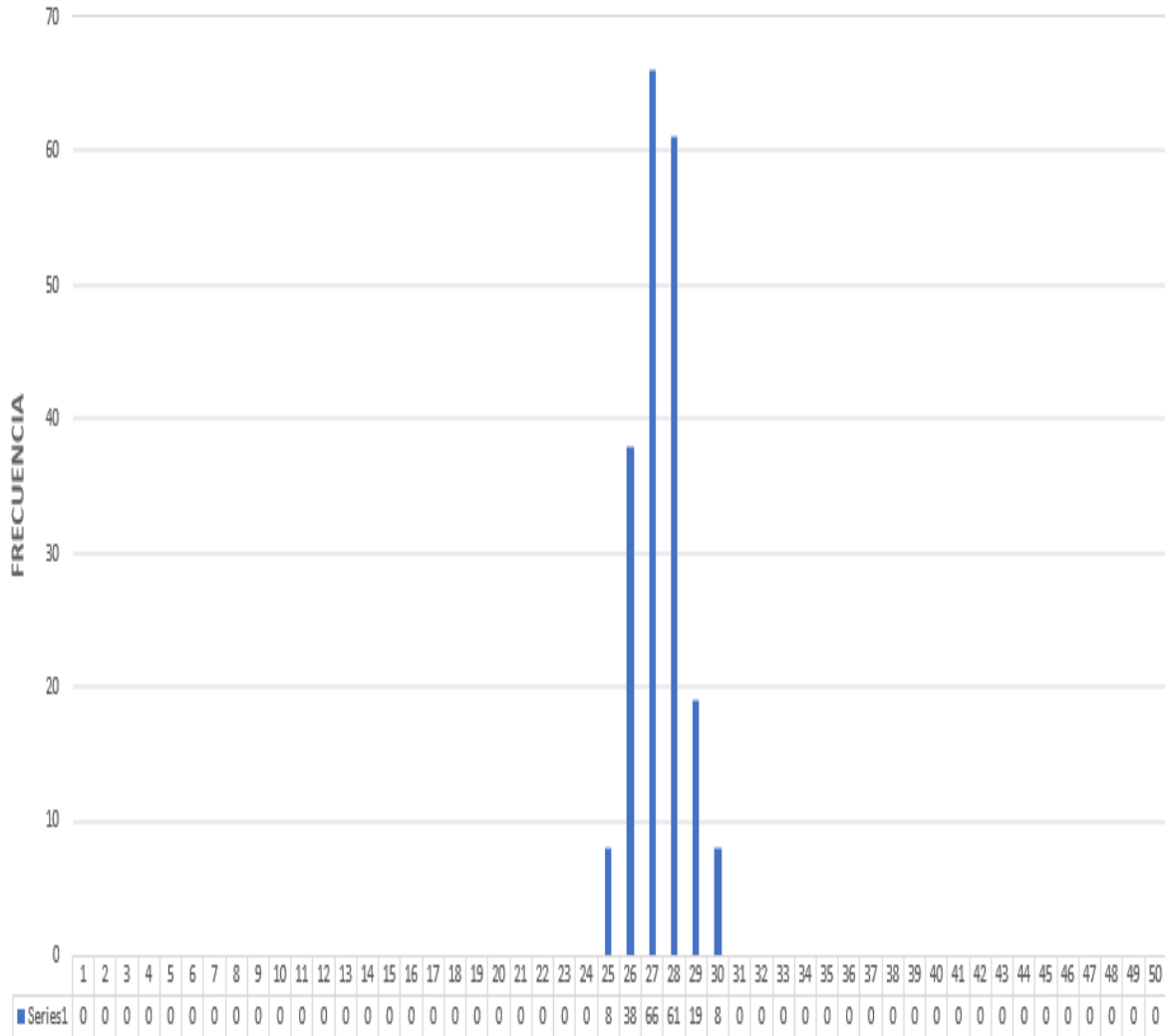
IRI CARRETERA PORY - IZCUCHACA TRAMO 945+000 - 945+400

LADO DERECHO (PORY -IZCUCHACA)

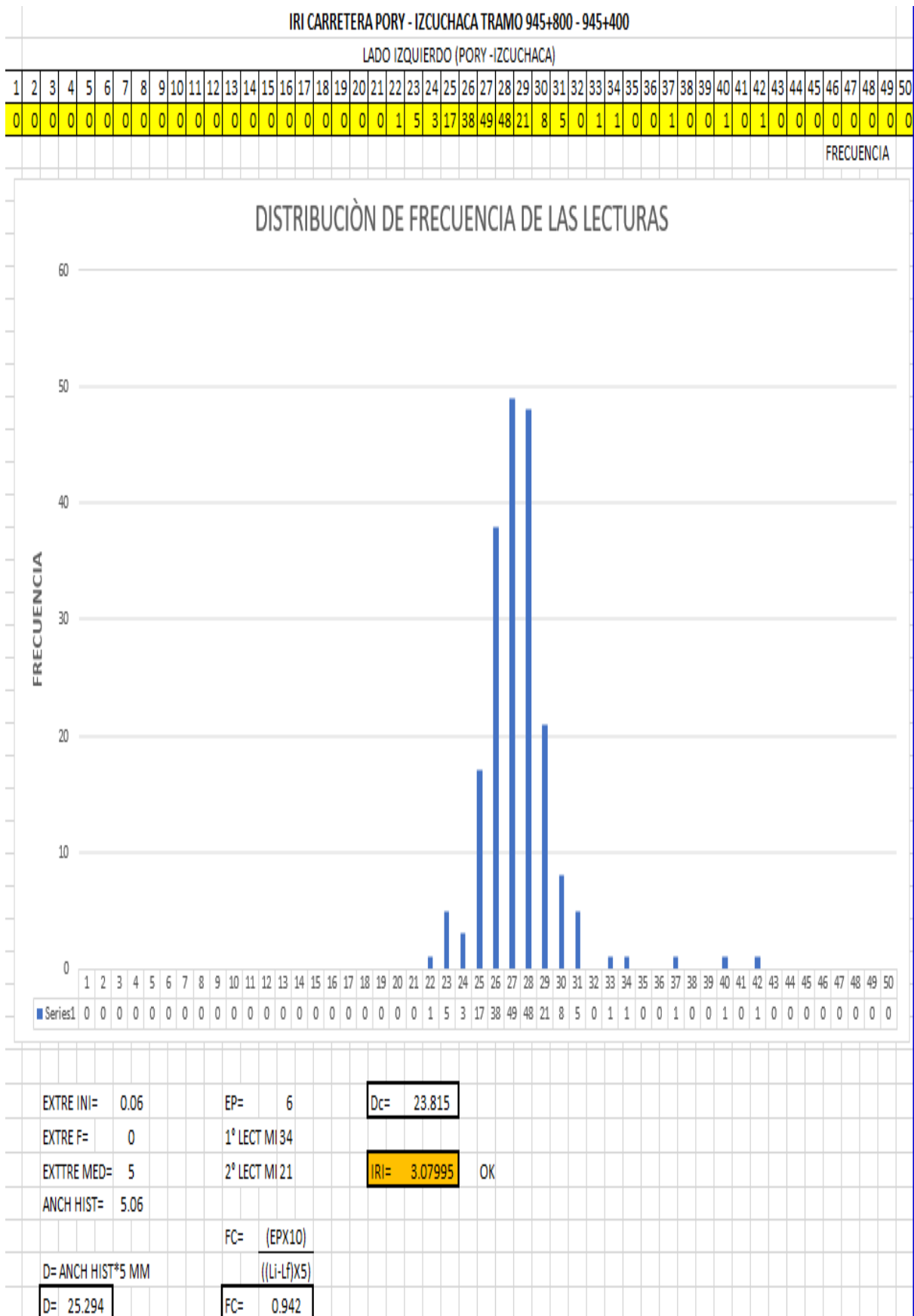
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |   |   |   |   |   |   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 8  | 38 | 66 | 61 | 19 | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

FRECUENCIA

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE LAS LECTURAS




|                   |               |              |    |
|-------------------|---------------|--------------|----|
| EXTRE INI= 0.05   | EP= 6         | Dc= 10.159   |    |
| EXTRE F= 0.11     | 1ª LECT MI 34 |              |    |
| EXTRE MED= 2      | 2ª LECT MI 21 | IRI= 2.41078 | OK |
| ANCH HIST= 2.16   |               |              |    |
|                   | FC= (EPX10)   |              |    |
| D= ANCH HIST*5 MM | ((Li-Lf)/X5)  |              |    |
| D= 10.789         | FC= 0.942     |              |    |







PERCENTIL 85 DE LA VELOCIDAD

| DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA |                  |       |                                  |                  |    |    |  Universidad Andina del Cusco |    |         |
|---|------------------|-------|----------------------------------|------------------|----|----|--|----|---------|
| Nombre de la Vía:   |                  |       | POROY - IZCUCHACA                |                  |    |    | Ensayo N°:   |    | 1       |
| Evaluado por:   |                  |       | Stevent Quelopana - René Rojas   |                  |    |    | KM:  |    | 955+000 |
| Fecha:  |                  |       | 04/12/2022                       |                  |    |    | Hora:  |    | 06:05   |
| Tramo:  |                  |       | 955+00 - 954+000                 |                  |    |    |  |    |         |
| Dirección:  |                  |       | LADO DERECHO (POROY - IZCUCHACA) |                  |    |    |  |    |         |
|   | AUTOMOVILES KM/H |       |                                  | AUTOBUSES KM/H   |    |    | CAMIONES KM/H  |    |         |
| 1   | 54               | 61    | 69                               | 67               | 64 | 60 | 55   | 44 | 48      |
| 2   | 69               | 61    | 45                               | 41               | 49 | 52 | 56   | 56 | 61      |
| 3   | 67               | 77    | 50                               | 57               | 60 | 58 | 55   | 55 | 50      |
| 4   | 57               | 51    | 57                               | 49               | 50 | 50 | 46   | 52 | 52      |
| 5   | 59               | 52    | 57                               | 55               | 51 | 56 | 55   | 65 | 55      |
| 6   | 53               | 54    | 53                               | 57               | 61 | 60 | 51   | 52 | 55      |
| 7   | 54               | 53    | 45                               | 52               | 52 | 50 | 68   | 51 | 36      |
| 8   | 64               | 54    | 62                               | 45               | 64 | 43 | 42   | 51 | 48      |
| 9   | 75               | 75    | 71                               | 47               | 49 | 63 | 59   | 34 | 47      |
| 10  | 81               | 70    | 54                               | 38               | 35 | 72 | 39   | 58 | 49      |
| 11  | 70               | 78    | 65                               | 66               | 84 | 61 | 42   | 29 | 34      |
| 12  | 58               | 53    | 56                               | 67               | 59 | 54 | 52   | 50 | 48      |
| 13  | 49               | 56    | 50                               | 70               | 59 | 64 | 34   | 48 | 49      |
| 14  | 50               | 58    | 58                               | 57               | 63 | 54 | 63   | 67 | 42      |
| 15  | 53               | 36    | 57                               | 71               | 59 | 36 | 47   | 52 | 62      |
| 16  | 55               | 45    | 45                               | 53               | 58 | 64 | 28   | 61 | 56      |
| 17  | 56               | 58    | 85                               | 60               | 63 | 62 | 32   | 49 | 50      |
| 18  | 48               | 47    | 71                               | 64               | 61 | 51 | 32   | 58 | 36      |
| 19  | 41               | 71    | 74                               | 61               | 44 | 64 | 34   | 54 | 44      |
| 20  | 58               | 65    | 82                               | 33               | 28 | 50 | 28   |    |         |
| 21  | 65               | 66    | 69                               | 58               | 44 | 58 |  |    |         |
| 22  | 62               | 66    | 54                               | 43               | 35 | 58 |  |    |         |
| 23  | 59               | 65    | 83                               | 35               | 38 | 67 |  |    |         |
| 24  | 63               | 68    | 71                               | 41               | 47 | 35 |  |    |         |
| 25  | 69               | 58    | 68                               | 43               | 44 | 37 |  |    |         |
| <b>TOTAL</b>  | 75               |       |                                  | 75               |    |    | 58   |    |         |
|   | i=               | 85    | 75                               | <b>VELOCIDAD</b> |    |    | i=   | 64 |         |
|   |                  | 100   |                                  |                  |    |    | <b>PERCENT 85=</b>   | 71 |         |
|   | i=               | 63.75 |                                  |                  |    |    |  |    |         |
|   | i=               | 64    |                                  |                  |    |    |  |    |         |



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                    |            |         |
|-------------------|------------------------------------|------------|---------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                  | Ensayo N°: | 1       |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas     | KM:        | 955+500 |
| Fecha:            | 04/12/2022                         | Hora:      | 06:05   |
| Tramo:            | 955+000 - 954+000                  |            |         |
| Dirección:        | LADO IZQUIERDO (POROY - IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |    |    | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|----|----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 85               | 59 | 69 | 57             | 63 | 51 | 51            | 49 | 49 |
| 2            | 59               | 61 | 55 | 53             | 49 | 59 | 55            | 53 | 59 |
| 3            | 69               | 71 | 49 | 58             | 65 | 68 | 51            | 58 | 57 |
| 4            | 56               | 53 | 57 | 58             | 50 | 51 | 49            | 45 | 52 |
| 5            | 63               | 52 | 67 | 56             | 63 | 49 | 53            | 66 | 51 |
| 6            | 77               | 71 | 69 | 44             | 61 | 60 | 53            | 55 | 50 |
| 7            | 54               | 53 | 45 | 52             | 52 | 64 | 67            | 61 | 40 |
| 8            | 59               | 64 | 62 | 43             | 59 | 51 | 39            | 47 | 51 |
| 9            | 75               | 65 | 71 | 49             | 59 | 61 | 61            | 43 | 41 |
| 10           | 79               | 70 | 64 | 41             | 55 | 59 | 41            | 49 | 55 |
| 11           | 69               | 75 | 68 | 49             | 65 | 57 | 61            | 37 | 51 |
| 12           | 71               | 63 | 66 | 63             | 71 | 66 | 39            | 42 | 48 |
| 13           | 66               | 71 | 50 | 71             | 65 | 62 | 37            | 49 | 49 |
| 14           | 65               | 68 | 58 | 56             | 69 | 58 | 61            | 61 | 63 |
| 15           | 71               | 68 | 49 | 71             | 62 | 47 | 45            | 52 | 58 |
| 16           | 45               | 45 | 65 | 55             | 58 | 61 | 37            | 62 | 51 |
| 17           | 58               | 63 | 81 | 66             | 64 | 72 | 37            | 28 |    |
| 18           | 58               | 66 | 80 | 46             | 63 | 64 |               |    |    |
| 19           | 57               | 71 | 73 | 63             | 52 | 72 |               |    |    |
| 20           | 67               | 68 | 78 | 72             | 62 | 58 |               |    |    |
| 21           | 71               | 73 | 69 | 57             | 56 | 65 |               |    |    |
| 22           | 81               | 69 | 73 | 64             | 61 | 57 |               |    |    |
| 23           | 85               | 81 | 83 | 42             | 68 | 47 |               |    |    |
| 24           | 72               | 77 | 67 | 44             | 49 | 58 |               |    |    |
| 25           | 58               | 62 | 74 | 60             | 63 | 69 |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 75               |    |    | 75             |    |    | 58            |    |    |

i= 85 75

100

**VELOCIDAD**

i= 64

**PERCENT 85= 75**

i= 63.75

i= 64



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                  |            |         |
|-------------------|----------------------------------|------------|---------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                | Ensayo N°: | 1       |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas   | KM:        | 954+000 |
| Fecha:            | 04/12/2022                       | Hora:      | 07:40   |
| Tramo:            | 954+000 - 953+000                |            |         |
| Dirección:        | LADO DERECHO (POROY - IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |    |    | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|----|----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 57               | 72 | 68 | 45             | 54 | 35 | 53            | 35 | 32 |
| 2            | 43               | 49 | 50 | 70             | 52 | 59 | 41            | 44 | 47 |
| 3            | 49               | 58 | 48 | 59             | 56 | 67 | 37            | 32 | 45 |
| 4            | 51               | 57 | 36 | 52             | 45 | 33 | 39            | 48 | 28 |
| 5            | 42               | 50 | 40 | 47             | 64 | 48 | 45            | 51 | 32 |
| 6            | 48               | 60 | 50 | 45             | 42 | 46 | 27            | 41 | 38 |
| 7            | 43               | 62 | 48 | 50             | 51 | 61 | 32            | 39 | 35 |
| 8            | 45               | 49 | 58 | 42             | 58 | 52 | 28            | 39 | 45 |
| 9            | 52               | 35 | 44 | 50             | 53 | 47 | 58            | 38 | 40 |
| 10           | 50               | 54 | 38 | 42             | 52 | 59 | 39            | 41 | 41 |
| 11           | 43               | 39 | 43 | 54             | 55 | 43 | 41            | 36 | 39 |
| 12           | 70               | 65 | 50 | 47             | 69 | 66 | 38            | 40 | 45 |
| 13           | 45               | 43 | 49 | 45             | 53 | 63 | 49            | 49 | 41 |
| 14           | 62               | 55 | 58 | 61             | 45 | 38 | 28            | 49 | 35 |
| 15           | 58               | 50 | 56 | 45             | 49 | 51 | 33            | 43 | 49 |
| 16           | 55               | 59 | 24 | 52             | 55 | 62 | 41            |    |    |
| 17           | 56               | 57 | 55 | 63             | 69 | 43 |               |    |    |
| 18           | 56               | 61 | 69 | 49             | 57 | 60 |               |    |    |
| 19           | 27               | 42 | 51 | 66             | 55 | 67 |               |    |    |
| 20           | 47               | 37 | 37 | 70             | 67 | 60 |               |    |    |
| 21           | 43               | 49 | 48 | 45             | 57 | 49 |               |    |    |
| 22           | 24               | 73 | 71 | 67             | 65 | 59 |               |    |    |
| 23           | 59               | 33 | 83 | 40             | 58 | 47 |               |    |    |
| 24           | 32               | 55 | 67 | 49             | 49 | 66 |               |    |    |
| 25           | 55               | 85 | 49 | 70             |    |    |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 75               |    |    | 73             |    |    | 46            |    |    |

i= 85 75

100

**VELOCIDAD**

i= 64

**PERCENT 85= 62**

i= 63.75

i= 64



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                   |            |         |
|-------------------|-----------------------------------|------------|---------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                 | Ensayo N°: | 1       |
| Evaluado por:     | Stevent Quelopana - René Rojas    | KM:        | 954+500 |
| Fecha:            | 04/12/2022                        | Hora:      | 07:40   |
| Tramo:            | 954+000 - 953+000                 |            |         |
| Drirrección:      | LADO IZQUIERDO (PORY - IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |    |    | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|----|----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 81               | 74 | 77 | 49             | 61 | 42 | 37            | 45 | 30 |
| 2            | 66               | 81 | 71 | 59             | 55 | 61 | 49            | 53 | 37 |
| 3            | 66               | 79 | 82 | 45             | 48 | 63 | 49            | 28 | 40 |
| 4            | 73               | 69 | 74 | 63             | 70 | 33 | 31            | 39 | 45 |
| 5            | 83               | 85 | 83 | 72             | 75 | 45 | 48            | 44 | 44 |
| 6            | 77               | 75 | 70 | 66             | 67 | 71 | 26            | 39 | 40 |
| 7            | 89               | 85 | 81 | 50             | 59 | 41 | 49            | 55 | 51 |
| 8            | 81               | 77 | 81 | 61             | 69 | 75 | 53            | 58 | 63 |
| 9            | 76               | 79 | 81 | 50             | 53 | 59 | 33            | 73 | 45 |
| 10           | 83               | 88 | 81 | 49             | 52 | 59 | 36            | 44 | 53 |
| 11           | 79               | 77 | 85 | 39             | 42 | 47 | 39            | 45 | 57 |
| 12           | 84               | 69 | 49 | 48             | 61 | 59 | 31            | 52 | 71 |
| 13           | 66               | 73 | 88 | 49             | 44 | 41 | 36            | 65 | 41 |
| 14           | 82               | 83 | 87 | 62             | 46 | 39 | 39            | 49 | 57 |
| 15           | 71               | 78 | 83 | 49             | 55 | 56 |               |    |    |
| 16           | 79               | 79 | 81 | 41             | 49 | 55 |               |    |    |
| 17           | 67               | 77 | 74 | 49             | 56 | 44 |               |    |    |
| 18           | 73               | 79 | 65 | 63             | 66 | 69 |               |    |    |
| 19           | 61               | 69 | 75 | 55             | 63 | 59 |               |    |    |
| 20           | 81               | 88 | 91 | 69             | 65 | 59 |               |    |    |
| 21           | 75               | 71 | 71 | 45             | 45 | 48 |               |    |    |
| 22           | 72               | 75 | 83 | 50             | 49 | 47 |               |    |    |
| 23           | 77               | 69 | 81 | 56             | 57 | 51 |               |    |    |
| 24           | 75               | 71 | 69 | 41             |    |    |               |    |    |
| 25           | 67               | 71 | 89 |                |    |    |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 75               |    |    | 70             |    |    | 42            |    |    |

i= 85 75  
100

VELOCIDAD

i= 64

PERCENT 85= 83

i= 63.75

i= 64



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                |            |         |
|-------------------|--------------------------------|------------|---------|
| Vombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA              | Ensayo N°: | 1       |
| Evaluado por:     | Stevent Quelopana - René Rojas | KM:        | 953+000 |
| Fecha:            | 04/12/2022                     | Hora:      | 09:25   |
| Tramo:            | 953+000 - 952+000              |            |         |
| Dirección:        | LADO DERECHO (PORY -IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |    |    | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|----|----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 72               | 57 | 62 | 70             | 69 | 62 | 44            | 76 | 38 |
| 2            | 41               | 36 | 57 | 60             | 71 | 54 | 50            | 45 | 51 |
| 3            | 44               | 47 | 58 | 66             | 57 | 47 | 44            | 45 | 59 |
| 4            | 61               | 71 | 72 | 56             | 67 | 67 | 52            | 76 | 53 |
| 5            | 70               | 45 | 51 | 83             | 53 | 38 | 62            | 56 |    |
| 6            | 53               | 68 | 71 | 61             | 46 | 49 |               |    |    |
| 7            | 60               | 59 | 47 | 64             | 82 | 64 |               |    |    |
| 8            | 39               | 41 | 46 | 53             | 38 | 55 |               |    |    |
| 9            | 77               | 64 | 77 | 47             | 65 | 62 |               |    |    |
| 10           | 88               | 86 | 64 | 67             | 52 |    |               |    |    |
| 11           | 54               | 62 | 61 |                |    |    |               |    |    |
| 12           | 59               | 55 | 69 |                |    |    |               |    |    |
| 13           | 54               | 58 | 53 |                |    |    |               |    |    |
| 14           | 60               | 60 | 60 |                |    |    |               |    |    |
| 15           | 73               | 52 | 47 |                |    |    |               |    |    |
| 16           | 47               | 49 | 39 |                |    |    |               |    |    |
| 17           | 40               | 47 | 56 |                |    |    |               |    |    |
| 18           | 57               | 55 | 79 |                |    |    |               |    |    |
| 19           | 66               | 79 | 69 |                |    |    |               |    |    |
| 20           | 65               | 53 | 53 |                |    |    |               |    |    |
| 21           | 55               | 70 | 78 |                |    |    |               |    |    |
| 22           | 87               | 68 | 73 |                |    |    |               |    |    |
| 23           | 71               | 73 | 67 |                |    |    |               |    |    |
| 24           | 71               | 70 | 74 |                |    |    |               |    |    |
| 25           | 88               | 65 | 91 |                |    |    |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 75               |    |    | 29             |    |    | 14            |    |    |

Página 5

i= 85 75  
100

VELOCIDAD

i= 64

PERCENT 85= 73

i= 63.75

i= 64



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                  |            |         |
|-------------------|----------------------------------|------------|---------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                | Ensayo N°: | 1       |
| Evaluated por :   | Stevent Quelopana - René Rojas   | KM:        | 953+500 |
| Fecha:            | 04/12/2022                       | Hora:      | 09:25   |
| Tramo:            | 953+000 - 952+000                |            |         |
| Dirección:        | LADO IZQUIERDO (PORY -IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |     |     | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|-----|-----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 98               | 88  | 91  | 81             | 66 | 69 | 58            | 55 | 52 |
| 2            | 65               | 72  | 101 | 75             | 72 | 59 | 45            | 45 | 39 |
| 3            | 56               | 76  | 81  | 57             | 59 | 65 | 51            | 56 | 44 |
| 4            | 89               | 71  | 83  | 49             | 67 | 73 | 68            | 69 | 54 |
| 5            | 84               | 82  | 90  | 75             | 68 | 66 | 46            | 54 | 66 |
| 6            | 105              | 97  | 88  | 59             | 62 | 71 | 71            | 55 |    |
| 7            | 69               | 68  | 83  | 76             | 79 | 63 |               |    |    |
| 8            | 103              | 99  | 89  | 53             | 45 | 81 |               |    |    |
| 9            | 89               | 49  | 70  | 49             | 55 | 72 |               |    |    |
| 10           | 79               | 87  | 93  | 79             |    |    |               |    |    |
| 11           | 97               | 91  | 75  |                |    |    |               |    |    |
| 12           | 89               | 87  | 93  |                |    |    |               |    |    |
| 13           | 99               | 81  | 94  |                |    |    |               |    |    |
| 14           | 84               | 67  | 66  |                |    |    |               |    |    |
| 15           | 75               | 77  | 81  |                |    |    |               |    |    |
| 16           | 85               | 103 | 60  |                |    |    |               |    |    |
| 17           | 97               | 66  | 89  |                |    |    |               |    |    |
| 18           | 83               | 85  | 79  |                |    |    |               |    |    |
| 19           | 101              | 97  | 79  |                |    |    |               |    |    |
| 20           | 89               | 59  | 87  |                |    |    |               |    |    |
| 21           | 77               | 49  | 88  |                |    |    |               |    |    |
| 22           | 85               | 97  | 101 |                |    |    |               |    |    |
| 23           | 91               | 96  | 77  |                |    |    |               |    |    |
| 24           | 79               | 81  |     |                |    |    |               |    |    |
| 25           |                  |     |     |                |    |    |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 71               |     |     | 28             |    |    | 17            |    |    |

Página 6

i= 85 71

100

VELOCIDAD

i= 61

PERCENT 85= 97

i= 60.35

i= 61



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                  |            |         |
|-------------------|----------------------------------|------------|---------|
| Vombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                | Ensayo N°: | 1       |
| Evaluated por :   | Stevent Quelopana - René Rojas   | KM:        | 952+000 |
| Fecha:            | 04/12/2022                       | Hora:      | 10:35   |
| Tramo:            | 952+000 - 951+000                |            |         |
| Dirección:        | LADO DERECHO (POROY - IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |    |     | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|----|-----|----------------|----|----|---------------|----|----|
|              |                  |    |     |                |    |    |               |    |    |
| 1            | 103              | 66 | 108 | 87             | 96 | 62 | 77            | 78 | 66 |
| 2            | 73               | 64 | 69  | 79             | 52 | 75 | 75            | 66 | 65 |
| 3            | 76               | 74 | 69  | 77             | 78 | 63 | 62            | 55 | 53 |
| 4            | 76               | 83 | 75  | 48             | 46 | 64 | 58            |    |    |
| 5            | 54               | 63 | 75  | 75             | 77 | 52 |               |    |    |
| 6            | 79               | 76 | 71  | 63             | 44 | 53 |               |    |    |
| 7            | 77               | 79 | 89  | 70             | 89 | 59 |               |    |    |
| 8            | 65               | 86 | 48  |                |    |    |               |    |    |
| 9            | 65               | 70 | 72  |                |    |    |               |    |    |
| 10           | 64               | 64 | 90  |                |    |    |               |    |    |
| 11           | 82               | 72 | 55  |                |    |    |               |    |    |
| 12           | 59               | 71 | 87  |                |    |    |               |    |    |
| 13           | 78               | 68 | 60  |                |    |    |               |    |    |
| 14           | 79               | 76 | 81  |                |    |    |               |    |    |
| 15           | 87               | 72 | 76  |                |    |    |               |    |    |
| 16           | 69               | 84 | 77  |                |    |    |               |    |    |
| 17           | 81               | 80 | 80  |                |    |    |               |    |    |
| 18           | 100              | 62 | 61  |                |    |    |               |    |    |
| 19           | 77               | 82 | 85  |                |    |    |               |    |    |
| 20           | 84               | 89 | 80  |                |    |    |               |    |    |
| 21           | 65               | 64 | 89  |                |    |    |               |    |    |
| 22           | 71               | 82 | 79  |                |    |    |               |    |    |
| 23           | 70               | 72 | 83  |                |    |    |               |    |    |
| 24           | 84               | 82 | 74  |                |    |    |               |    |    |
| 25           |                  |    |     |                |    |    |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 72               |    |     | 21             |    |    | 10            |    |    |

Página 7

i= 85 72

100

VELOCIDAD

i= 62

PERCENT 85= 85

i= 61.2

i= 62



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



|                   |                                  |            |         |
|-------------------|----------------------------------|------------|---------|
| lombro de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                | Ensayo N°: | 1       |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas   | KM:        | 952+000 |
| Fecha:            | 04/12/2022                       | Hora:      | 10:35   |
| Tramo:            | 952+000 - 951+000                |            |         |
| Drirrección:      | LADO IZQUIERDO (PORY -IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |     |    | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|-----|----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 59               | 66  | 83 | 64             | 70 | 81 | 58            | 67 | 61 |
| 2            | 58               | 55  | 55 | 58             | 82 | 80 | 59            | 61 | 54 |
| 3            | 66               | 62  | 56 | 64             | 63 | 83 | 78            | 62 | 69 |
| 4            | 53               | 68  | 57 | 98             | 75 | 62 |               |    |    |
| 5            | 65               | 65  | 87 | 77             | 63 | 83 |               |    |    |
| 6            | 62               | 64  | 63 | 66             | 63 | 66 |               |    |    |
| 7            | 62               | 63  | 62 | 56             | 57 |    |               |    |    |
| 8            | 65               | 79  | 83 |                |    |    |               |    |    |
| 9            | 83               | 100 | 62 |                |    |    |               |    |    |
| 10           | 74               | 94  | 63 |                |    |    |               |    |    |
| 11           | 74               | 78  | 82 |                |    |    |               |    |    |
| 12           | 85               | 96  | 56 |                |    |    |               |    |    |
| 13           | 61               | 50  | 61 |                |    |    |               |    |    |
| 14           | 78               | 83  | 52 |                |    |    |               |    |    |
| 15           | 50               | 48  | 47 |                |    |    |               |    |    |
| 16           | 47               | 62  | 83 |                |    |    |               |    |    |
| 17           | 50               | 48  | 70 |                |    |    |               |    |    |
| 18           | 67               | 58  | 77 |                |    |    |               |    |    |
| 19           | 76               | 72  | 56 |                |    |    |               |    |    |
| 20           | 54               | 70  | 75 |                |    |    |               |    |    |
| 21           | 73               | 67  | 68 |                |    |    |               |    |    |
| 22           | 92               | 87  | 82 |                |    |    |               |    |    |
| 23           | 64               | 70  | 84 |                |    |    |               |    |    |
| 24           | 64               | 66  | 82 |                |    |    |               |    |    |
| 25           | 67               | 66  |    |                |    |    |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 74               |     |    | 20             |    |    | 9             |    |    |

Página 8

i= 85 74  
100

VELOCIDAD

i= 63

PERCENT 85= 83

i= 62.9

i= 63





DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                |            |         |
|-------------------|--------------------------------|------------|---------|
| lombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA              | Ensayo N°: | 2       |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas | KM:        | 951+000 |
| Fecha:            | 11/12/2022                     | Hora:      | 06:10   |
| Tramo:            | 951+000 - 950+000              |            |         |
| Drirrección:      | LADO DERECHO (PORY -IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |     |     | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|-----|-----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 94               | 94  | 106 | 59             | 65 | 66 | 29            | 39 | 56 |
| 2            | 83               | 83  | 53  | 61             | 66 | 81 | 49            | 38 | 55 |
| 3            | 79               | 79  | 61  | 63             | 81 | 82 | 37            | 37 | 49 |
| 4            | 69               | 69  | 86  | 85             | 69 | 63 | 49            | 59 | 61 |
| 5            | 70               | 70  | 64  | 81             | 71 | 89 | 37            | 47 | 49 |
| 6            | 75               | 75  | 83  | 62             | 80 | 64 | 61            | 40 | 65 |
| 7            | 49               | 49  | 79  | 64             | 70 | 77 | 61            | 34 | 44 |
| 8            | 80               | 80  | 79  | 57             | 58 | 56 | 50            | 51 | 45 |
| 9            | 78               | 78  | 80  | 49             | 78 | 70 | 52            | 41 | 39 |
| 10           | 62               | 62  | 87  | 53             | 44 | 53 | 34            | 49 | 58 |
| 11           | 72               | 72  | 99  | 52             | 67 | 73 | 41            | 61 | 38 |
| 12           | 71               | 71  | 79  | 62             | 45 | 49 | 46            | 53 | 44 |
| 13           | 74               | 74  | 84  | 62             | 72 | 76 | 58            | 55 | 36 |
| 14           | 83               | 83  | 71  | 45             | 56 | 71 | 54            | 52 | 54 |
| 15           | 81               | 81  | 69  | 62             | 69 | 81 | 56            | 59 | 51 |
| 16           | 66               | 66  | 89  | 61             | 59 | 77 | 44            | 52 | 59 |
| 17           | 89               | 89  | 83  | 55             | 81 | 78 | 55            | 57 | 49 |
| 18           | 77               | 77  | 63  | 71             | 66 | 65 | 59            | 61 | 41 |
| 19           | 103              | 103 | 80  | 71             | 77 | 57 | 49            | 54 | 55 |
| 20           | 81               | 81  | 87  | 59             | 54 | 59 | 48            |    |    |
| 21           | 71               | 71  | 95  | 49             | 77 |    |               |    |    |
| 22           | 89               | 89  | 76  |                |    |    |               |    |    |
| 23           | 81               | 81  | 65  |                |    |    |               |    |    |
| 24           | 97               | 97  |     |                |    |    |               |    |    |
| 25           |                  |     |     |                |    |    |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 71               |     |     | 62             |    |    | 58            |    |    |

i= 85 71

100

**VELOCIDAD**

i= 61

**PERCENT 85= 89**

i= 60.35

i= 61



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                    |            |         |
|-------------------|------------------------------------|------------|---------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                  | Ensayo N°: | 2       |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas     | KM:        | 951+000 |
| Fecha:            | 11/12/2022                         | Hora:      | 06:10   |
| Tramo:            | 951+000 - 950+000                  |            |         |
| Dirección:        | LADO IZQUIERDO (POROY - IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |     |    | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|-----|----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 104              | 81  | 99 | 61             | 69 | 69 | 39            | 39 | 51 |
| 2            | 81               | 92  | 82 | 63             | 69 | 73 | 44            | 48 | 51 |
| 3            | 81               | 88  | 71 | 65             | 71 | 79 | 38            | 41 | 45 |
| 4            | 71               | 91  | 88 | 61             | 59 | 59 | 55            | 59 | 63 |
| 5            | 71               | 99  | 74 | 59             | 71 | 79 | 43            | 49 | 49 |
| 6            | 76               | 78  | 81 | 65             | 76 | 64 | 61            | 54 | 59 |
| 7            | 69               | 95  | 88 | 69             | 79 | 72 | 66            | 34 | 54 |
| 8            | 81               | 79  | 85 | 61             | 72 | 75 | 53            | 62 | 55 |
| 9            | 101              | 91  | 81 | 59             | 68 | 69 | 51            | 59 | 42 |
| 10           | 91               | 90  | 87 | 59             | 64 | 73 | 37            | 44 | 57 |
| 11           | 87               | 79  | 95 | 72             | 58 | 73 | 41            | 61 | 38 |
| 12           | 81               | 80  | 95 | 71             | 71 | 83 | 47            | 50 | 54 |
| 13           | 79               | 105 | 94 | 77             | 71 | 56 | 61            | 55 | 36 |
| 14           | 83               | 81  | 89 | 73             | 87 | 65 | 38            | 66 | 69 |
| 15           | 81               | 72  | 71 | 73             | 74 | 80 | 46            | 59 | 51 |
| 16           | 67               | 85  | 91 | 61             | 74 | 89 | 45            | 50 | 50 |
| 17           | 101              | 99  | 83 | 91             | 84 | 87 | 55            | 47 | 49 |
| 18           | 87               | 67  | 69 | 72             | 76 | 61 |               |    |    |
| 19           | 97               | 87  | 80 | 59             | 87 | 62 |               |    |    |
| 20           | 83               | 87  | 88 | 63             | 64 | 59 |               |    |    |
| 21           | 81               | 79  | 71 | 61             | 69 | 69 |               |    |    |
| 22           | 91               | 83  | 76 | 76             | 72 | 85 |               |    |    |
| 23           | 82               | 81  | 79 | 89             | 74 | 71 |               |    |    |
| 24           | 75               | 77  | 85 | 70             | 93 | 82 |               |    |    |
| 25           | 83               | 79  | 65 | 49             | 67 | 78 |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 75               |     |    | 75             |    |    | 51            |    |    |

i= 85 75  
100

**VELOCIDAD**

i= 64

**PERCENT 85= 94**

i= 63.75

i= 64



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                  |            |         |
|-------------------|----------------------------------|------------|---------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                | Ensayo N°: | 2       |
| Evaluated por:    | Stevent Quelopana - René Rojas   | KM:        | 950+000 |
| Fecha:            | 11/12/2022                       | Hora:      | 07:25   |
| Tramo:            | 950+000 - 949+000                |            |         |
| Dirección:        | LADO DERECHO (POROY - IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |     |     | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|-----|-----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 99               | 88  | 90  | 88             | 75 | 66 | 55            | 51 | 50 |
| 2            | 88               | 90  | 82  | 66             | 69 | 74 | 56            | 56 | 48 |
| 3            | 84               | 83  | 74  | 62             | 70 | 80 | 28            | 56 | 42 |
| 4            | 78               | 101 | 98  | 59             | 64 | 56 | 72            | 39 | 47 |
| 5            | 81               | 89  | 80  | 45             | 71 | 73 | 55            | 46 | 51 |
| 6            | 86               | 98  | 106 | 64             | 67 | 81 | 46            | 52 | 62 |
| 7            | 76               | 90  | 89  | 49             | 54 | 75 | 39            | 58 | 47 |
| 8            | 82               | 79  | 80  | 62             | 83 | 90 | 32            | 61 | 36 |
| 9            | 96               | 61  | 87  | 69             | 59 | 85 | 54            | 44 | 47 |
| 10           | 65               | 76  | 77  | 69             | 77 | 86 | 29            | 51 | 34 |
| 11           | 81               | 107 | 74  | 89             | 93 | 96 | 66            | 60 | 44 |
| 12           | 85               | 90  | 91  | 72             | 64 | 78 | 42            | 59 | 40 |
| 13           | 79               | 76  | 69  | 45             | 82 | 68 | 47            | 55 | 54 |
| 14           | 73               | 71  | 89  | 59             | 77 | 55 | 49            | 47 | 61 |
| 15           | 64               | 52  | 71  | 70             | 45 | 72 | 30            | 51 | 49 |
| 16           | 92               | 85  | 91  | 67             | 64 | 61 | 54            | 59 |    |
| 17           | 90               | 88  | 60  | 44             | 55 | 56 |               |    |    |
| 18           | 85               | 68  | 61  | 57             | 48 | 64 |               |    |    |
| 19           | 66               | 69  | 81  | 43             | 44 | 35 |               |    |    |
| 20           | 84               | 82  | 87  | 58             | 41 | 60 |               |    |    |
| 21           | 92               | 95  | 81  | 70             | 59 |    |               |    |    |
| 22           | 75               | 75  | 79  |                |    |    |               |    |    |
| 23           | 89               | 71  | 78  |                |    |    |               |    |    |
| 24           | 90               | 105 | 85  |                |    |    |               |    |    |
| 25           | 61               | 50  | 66  |                |    |    |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 75               |     |     | 62             |    |    | 47            |    |    |

i= 85 75

100

**VELOCIDAD**

i= 64

**PERCENT 85= 91**

i= 63.75

i= 64



| DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA |                  |       |    |                    |    |    |               |    |    |
|---|------------------|-------|----|--------------------|----|----|---------------|----|----|
|   |                  |       |    |                    |    |    |               |    |    |
| lombro de la Vía: POROY - IZCUCHACA   |                  |       |    |                    |    |    | Ensayo N°: 2  |    |    |
| Evaluado por: Stevent Quelopana - René Rojas  |                  |       |    |                    |    |    | KM: 950+000   |    |    |
| Fecha: 11/12/2022   |                  |       |    |                    |    |    | Hora: 07:25   |    |    |
| Tramo: 950+000 - 949+000  |                  |       |    |                    |    |    |               |    |    |
| Dirección: LADO IZQUIERDO (PORY -IZCUCHACA)   |                  |       |    |                    |    |    |               |    |    |
|   | AUTOMOVILES KM/H |       |    | AUTOBUSES KM/H     |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
| 1   | 89               | 90    | 90 | 43                 | 41 | 35 | 34            | 32 | 28 |
| 2   | 87               | 92    | 80 | 43                 | 58 | 35 | 36            | 64 | 47 |
| 3   | 81               | 79    | 75 | 61                 | 64 | 60 | 50            | 42 | 59 |
| 4   | 75               | 89    | 99 | 54                 | 64 | 60 | 40            | 56 | 46 |
| 5   | 85               | 90    | 95 | 72                 | 59 | 70 | 56            | 55 | 56 |
| 6   | 89               | 70    | 91 | 69                 | 66 | 36 | 42            | 53 | 60 |
| 7   | 86               | 92    | 82 | 49                 | 45 | 52 | 55            | 49 | 51 |
| 8   | 85               | 71    | 86 | 57                 | 50 | 49 | 51            | 61 | 36 |
| 9   | 100              | 90    | 48 | 58                 | 43 | 68 | 57            | 44 | 36 |
| 10  | 77               | 71    | 84 | 69                 | 77 | 86 | 50            | 56 | 63 |
| 11  | 91               | 61    | 61 | 89                 | 93 | 96 | 45            | 49 | 32 |
| 12  | 51               | 52    | 75 | 84                 | 48 | 63 | 55            | 36 | 47 |
| 13  | 70               | 78    | 58 | 44                 | 64 | 61 | 55            | 48 | 68 |
| 14  | 68               | 63    | 58 | 51                 | 49 | 61 | 35            | 39 | 66 |
| 15  | 71               | 83    | 55 | 53                 | 66 | 60 | 24            | 39 | 56 |
| 16  | 60               | 82    | 73 | 58                 | 58 | 67 |               |    |    |
| 17  | 71               | 86    | 49 | 60                 | 62 | 72 |               |    |    |
| 18  | 57               | 58    | 56 | 65                 | 68 | 39 |               |    |    |
| 19  | 69               | 45    | 80 | 58                 | 89 | 76 |               |    |    |
| 20  | 69               | 63    | 77 | 70                 | 35 | 63 |               |    |    |
| 21  | 99               | 81    | 75 | 59                 | 38 | 61 |               |    |    |
| 22  | 64               | 54    | 67 |                    |    |    |               |    |    |
| 23  | 95               | 74    | 82 |                    |    |    |               |    |    |
| 24  | 54               | 89    | 70 |                    |    |    |               |    |    |
| 25  | 75               | 75    | 50 |                    |    |    |               |    |    |
| <b>TOTAL</b>  | 75               |       |    | 63                 |    |    | 45            |    |    |
|   | i=               | 85    | 75 | <b>VELOCIDAD</b>   |    |    |               |    |    |
|   |                  | 100   |    | i=                 | 64 |    |               |    |    |
|   |                  |       |    | <b>PERCENT 85=</b> | 90 |    |               |    |    |
|   | i=               | 63.75 |    |                    |    |    |               |    |    |
|   | i=               | 64    |    |                    |    |    |               |    |    |



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                 |            |         |
|-------------------|---------------------------------|------------|---------|
| Vombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA               | Ensayo N°: | 2       |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas  | KM:        | 949+000 |
| Fecha:            | 11/12/2022                      | Hora:      | 09:20   |
| Tramo:            | 949+000 - 948+000               |            |         |
| Drirección:       | LADO DERECHO (PORY - IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |     |     | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|-----|-----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 91               | 95  | 89  | 73             | 66 | 81 | 49            | 29 | 39 |
| 2            | 68               | 88  | 80  | 81             | 71 | 71 | 50            | 66 | 69 |
| 3            | 83               | 70  | 71  | 59             | 69 | 70 | 50            | 49 | 44 |
| 4            | 73               | 89  | 76  | 81             | 85 | 77 | 39            | 69 | 63 |
| 5            | 81               | 105 | 94  | 69             | 67 | 59 | 55            | 55 | 59 |
| 6            | 77               | 58  | 80  | 48             | 49 | 67 | 61            | 49 | 40 |
| 7            | 86               | 59  | 68  | 72             | 71 | 71 | 40            | 41 | 56 |
| 8            | 80               | 75  | 74  | 59             | 55 | 68 | 67            | 62 | 41 |
| 9            | 102              | 93  | 88  | 58             | 51 | 66 | 49            | 44 | 51 |
| 10           | 65               | 59  | 81  | 81             | 77 | 71 | 61            | 59 | 61 |
| 11           | 95               | 91  | 87  | 70             | 69 | 54 | 39            | 28 |    |
| 12           | 88               | 81  | 77  | 75             | 76 | 83 |               |    |    |
| 13           | 71               | 71  | 80  | 80             | 59 | 65 |               |    |    |
| 14           | 85               | 80  | 49  | 71             | 73 | 80 |               |    |    |
| 15           | 65               | 75  | 71  | 69             | 76 | 41 |               |    |    |
| 16           | 99               | 88  | 71  | 39             | 49 | 66 |               |    |    |
| 17           | 69               | 75  | 76  | 61             | 69 | 75 |               |    |    |
| 18           | 56               | 67  | 59  | 65             | 81 |    |               |    |    |
| 19           | 66               | 59  | 76  |                |    |    |               |    |    |
| 20           | 71               | 81  | 92  |                |    |    |               |    |    |
| 21           | 79               | 70  | 101 |                |    |    |               |    |    |
| 22           | 98               | 92  | 95  |                |    |    |               |    |    |
| 23           | 72               | 79  | 84  |                |    |    |               |    |    |
| 24           | 81               | 65  | 66  |                |    |    |               |    |    |
| 25           | 81               | 99  | 107 |                |    |    |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 75               |     |     | 53             |    |    | 32            |    |    |

Página 13

i= 85 75

100

VELOCIDAD

i= 64

PERCENT 85= 93

i= 63.75

i= 64



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                  |            |         |
|-------------------|----------------------------------|------------|---------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                | Ensayo N°: | 2       |
| Evaluado por :    | Stevent Quelopana - René Rojas   | KM:        | 949+000 |
| Fecha:            | 11/12/2022                       | Hora:      | 09:20   |
| Tramo:            | 949+000 - 948+000                |            |         |
| Dirección:        | LADO IZQUIERDO (PORY -IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |     |    | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|-----|----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 85               | 88  | 90 | 69             | 64 | 79 | 32            | 39 | 45 |
| 2            | 70               | 90  | 81 | 83             | 69 | 72 | 55            | 61 | 28 |
| 3            | 80               | 75  | 76 | 50             | 65 | 69 | 48            | 59 | 45 |
| 4            | 69               | 100 | 90 | 82             | 86 | 78 | 41            | 66 | 57 |
| 5            | 75               | 95  | 90 | 70             | 66 | 63 | 54            | 59 | 59 |
| 6            | 70               | 69  | 85 | 45             | 53 | 65 | 70            | 45 | 45 |
| 7            | 85               | 50  | 77 | 69             | 70 | 76 | 39            | 42 | 63 |
| 8            | 81               | 77  | 70 | 58             | 48 | 53 | 69            | 62 | 49 |
| 9            | 95               | 88  | 81 | 58             | 66 | 72 | 41            | 49 | 56 |
| 10           | 69               | 60  | 78 | 88             | 74 | 59 |               |    |    |
| 11           | 92               | 89  | 85 | 71             | 66 | 79 |               |    |    |
| 12           | 59               | 66  | 80 | 48             | 59 | 82 |               |    |    |
| 13           | 70               | 65  | 48 | 81             | 72 | 93 |               |    |    |
| 14           | 55               | 62  | 60 | 61             | 74 |    |               |    |    |
| 15           | 59               | 76  | 72 |                |    |    |               |    |    |
| 16           | 105              | 90  | 95 |                |    |    |               |    |    |
| 17           | 45               | 58  | 66 |                |    |    |               |    |    |
| 18           | 90               | 88  | 91 |                |    |    |               |    |    |
| 19           | 65               | 59  | 64 |                |    |    |               |    |    |
| 20           | 69               | 82  | 98 |                |    |    |               |    |    |
| 21           | 95               | 90  | 99 |                |    |    |               |    |    |
| 22           | 45               | 54  | 58 |                |    |    |               |    |    |
| 23           | 70               | 74  | 76 |                |    |    |               |    |    |
| 24           | 91               | 96  | 56 |                |    |    |               |    |    |
| 25           |                  |     |    |                |    |    |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 72               |     |    | 41             |    |    | 27            |    |    |

Página 14

i= 85 72  
100

VELOCIDAD

i= 62

PERCENT 85= 91

i= 61.2

i= 62



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                |            |         |
|-------------------|--------------------------------|------------|---------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA              | Ensayo N°: | 2       |
| Evaluated por :   | Stevent Quelopana - René Rojas | KM:        | 948+000 |
| Fecha:            | 11/12/2022                     | Hora:      | 11:05   |
| Tramo:            | 948+000 - 947+000              |            |         |
| Dirección:        | LADO DERECHO (PORY -IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |     |     | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|-----|-----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 106              | 93  | 92  | 81             | 83 | 77 | 29            | 39 | 41 |
| 2            | 88               | 85  | 83  | 68             | 72 | 74 | 38            | 45 | 45 |
| 3            | 69               | 77  | 80  | 45             | 59 | 69 | 44            | 39 | 33 |
| 4            | 72               | 81  | 83  | 83             | 85 | 75 | 55            | 51 | 48 |
| 5            | 96               | 98  | 101 | 78             | 71 | 65 | 40            | 62 | 31 |
| 6            | 97               | 99  | 81  | 68             | 62 | 71 | 70            | 66 | 59 |
| 7            | 69               | 78  | 85  | 54             | 62 | 69 | 45            | 42 |    |
| 8            | 82               | 87  | 68  | 59             | 53 | 59 |               |    |    |
| 9            | 45               | 59  | 66  | 60             | 66 | 67 |               |    |    |
| 10           | 79               | 93  | 92  | 71             | 59 | 63 |               |    |    |
| 11           | 96               | 84  | 91  | 77             | 61 |    |               |    |    |
| 12           | 97               | 90  | 87  |                |    |    |               |    |    |
| 13           | 71               | 92  | 85  |                |    |    |               |    |    |
| 14           | 104              | 99  | 95  |                |    |    |               |    |    |
| 15           | 98               | 101 | 70  |                |    |    |               |    |    |
| 16           | 55               | 61  | 77  |                |    |    |               |    |    |
| 17           | 92               | 86  | 89  |                |    |    |               |    |    |
| 18           | 90               | 95  | 98  |                |    |    |               |    |    |
| 19           | 98               | 105 | 95  |                |    |    |               |    |    |
| 20           | 59               | 79  | 78  |                |    |    |               |    |    |
| 21           | 90               | 93  | 83  |                |    |    |               |    |    |
| 22           | 81               | 59  | 68  |                |    |    |               |    |    |
| 23           |                  |     |     |                |    |    |               |    |    |
| 24           |                  |     |     |                |    |    |               |    |    |
| 25           |                  |     |     |                |    |    |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 66               |     |     | 32             |    |    | 20            |    |    |

Página 15

i= 85 66

100

VELOCIDAD

i= 57

PERCENT 85= 98

i= 56.1

i= 57





DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                  |            |         |
|-------------------|----------------------------------|------------|---------|
| Vombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                | Ensayo N°: | 2       |
| Evaluado por:     | Stevent Quelopana - René Rojas   | KM:        | 948+000 |
| Fecha:            | 11/12/2022                       | Hora:      | 11:05   |
| Tramo:            | 948+000 - 947+000                |            |         |
| Dirección:        | LADO IZQUIERDO (PORY -IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |    |    | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|----|----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 91               | 88 | 87 | 70             | 81 | 83 | 33            | 41 | 44 |
| 2            | 68               | 65 | 77 | 72             | 77 | 74 | 40            | 45 | 48 |
| 3            | 70               | 56 | 45 | 69             | 58 | 70 | 56            | 66 | 36 |
| 4            | 49               | 58 | 63 | 71             | 68 | 61 | 59            | 43 | 49 |
| 5            | 91               | 84 | 77 | 55             | 69 | 78 | 55            | 46 | 30 |
| 6            | 71               | 81 | 66 | 83             | 85 | 59 | 32            | 39 | 51 |
| 7            | 69               | 68 | 66 | 51             | 49 | 44 |               |    |    |
| 8            | 79               | 78 | 72 | 61             | 58 | 66 |               |    |    |
| 9            | 82               | 80 | 83 | 59             | 49 | 44 |               |    |    |
| 10           | 78               | 81 | 76 | 73             | 82 | 69 |               |    |    |
| 11           | 91               | 88 | 83 | 48             |    |    |               |    |    |
| 12           | 58               | 62 | 69 |                |    |    |               |    |    |
| 13           | 45               | 58 | 69 |                |    |    |               |    |    |
| 14           | 61               | 67 | 70 |                |    |    |               |    |    |
| 15           | 83               | 88 | 91 |                |    |    |               |    |    |
| 16           | 45               | 55 | 75 |                |    |    |               |    |    |
| 17           | 73               | 80 | 83 |                |    |    |               |    |    |
| 18           | 78               | 85 | 81 |                |    |    |               |    |    |
| 19           | 69               | 76 | 73 |                |    |    |               |    |    |
| 20           | 59               | 67 | 66 |                |    |    |               |    |    |
| 21           | 91               | 84 |    |                |    |    |               |    |    |
| 22           |                  |    |    |                |    |    |               |    |    |
| 23           |                  |    |    |                |    |    |               |    |    |
| 24           |                  |    |    |                |    |    |               |    |    |
| 25           |                  |    |    |                |    |    |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 62               |    |    | 31             |    |    | 18            |    |    |

Página 16

$$i = \frac{85}{100} \cdot 62$$

VELOCIDAD

$$i = 53$$

$$\text{PERCENT 85} = 85$$

$$i = 52.7$$

$$i = 53$$





DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                |            |         |
|-------------------|--------------------------------|------------|---------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA              | Ensayo N°: | 3       |
| Evaluated por :   | Stevent Quelopana - René Rojas | KM:        | 947+000 |
| Fecha:            | 04/03/2023                     | Hora:      | 06:15   |
| Tramo:            | 947+000 - 946+000              |            |         |
| Dirección:        | LADO DERECHO (PORY -IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |    |    | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|----|----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 97               | 91 | 88 | 72             | 74 | 78 | 39            | 44 | 40 |
| 2            | 85               | 81 | 87 | 66             | 69 | 63 | 51            | 40 | 28 |
| 3            | 69               | 74 | 79 | 71             | 71 | 55 | 35            | 39 | 42 |
| 4            | 79               | 72 | 82 | 46             | 49 | 51 | 42            | 48 | 55 |
| 5            | 66               | 69 | 63 | 56             | 70 | 77 | 53            | 59 | 64 |
| 6            | 54               | 59 | 77 | 80             | 74 | 72 | 69            | 54 | 50 |
| 7            | 46               | 61 | 68 | 57             | 49 | 45 | 45            | 40 | 40 |
| 8            | 71               | 75 | 69 | 55             | 63 | 60 | 33            | 39 | 37 |
| 9            | 81               | 81 | 74 | 61             | 64 | 69 | 37            | 39 | 42 |
| 10           | 72               | 69 | 66 | 72             | 70 | 81 | 46            | 49 | 49 |
| 11           | 66               | 59 | 58 | 43             | 61 | 64 | 55            | 59 | 54 |
| 12           | 65               | 61 | 71 | 55             | 71 | 59 | 45            | 40 | 39 |
| 13           | 55               | 59 | 65 | 44             | 49 | 55 | 37            | 27 | 38 |
| 14           | 71               | 73 | 78 | 58             | 56 | 61 | 40            | 46 | 49 |
| 15           | 78               | 72 | 71 | 66             | 71 | 72 | 62            | 66 | 45 |
| 16           | 70               | 60 | 66 | 72             | 70 | 56 | 58            | 50 | 51 |
| 17           | 56               | 50 | 62 | 59             | 48 | 68 | 45            | 39 | 35 |
| 18           | 71               | 72 | 84 | 61             | 78 | 72 | 39            | 44 | 49 |
| 19           | 67               | 72 | 78 | 69             | 69 | 71 | 69            | 56 | 58 |
| 20           | 71               | 82 | 82 | 61             | 59 | 58 | 44            | 56 | 61 |
| 21           | 90               | 81 | 77 | 66             | 63 | 73 |               |    |    |
| 22           | 72               | 75 | 66 | 72             | 77 | 75 |               |    |    |
| 23           | 45               | 59 | 61 | 46             | 49 | 54 |               |    |    |
| 24           | 66               | 63 | 75 | 58             | 63 | 66 |               |    |    |
| 25           | 83               | 72 | 71 | 69             | 71 | 70 |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 75               |    |    | 75             |    |    | 60            |    |    |

$$i = \frac{85}{100} \cdot 75$$

$$i = 63.75$$

$$i = 64$$

VELOCIDAD

$$i = 64$$

PERCENT 85= 81



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                   |            |         |
|-------------------|-----------------------------------|------------|---------|
| Vombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                 | Ensayo N°: | 3       |
| Evaluado por:     | Stevent Quelopana - René Rojas    | KM:        | 947+000 |
| Fecha:            | 04/03/2023                        | Hora:      | 06:15   |
| Tramo:            | 947+000 - 946+000                 |            |         |
| Dirección:        | LADO IZQUIERDO (PORY - IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |    |    | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|----|----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 91               | 90 | 85 | 70             | 72 | 70 | 35            | 42 | 38 |
| 2            | 86               | 83 | 88 | 65             | 64 | 53 | 46            | 41 | 30 |
| 3            | 70               | 71 | 81 | 71             | 69 | 68 | 27            | 30 | 42 |
| 4            | 77               | 75 | 82 | 62             | 59 | 59 | 39            | 49 | 44 |
| 5            | 69               | 71 | 65 | 66             | 77 | 72 | 45            | 45 | 53 |
| 6            | 61               | 59 | 71 | 78             | 75 | 70 | 46            | 45 | 40 |
| 7            | 56               | 54 | 45 | 61             | 62 | 44 | 30            | 39 | 38 |
| 8            | 59               | 44 | 72 | 49             | 49 | 55 | 43            | 44 | 49 |
| 9            | 78               | 88 | 72 | 51             | 51 | 59 | 39            | 33 | 40 |
| 10           | 71               | 73 | 68 | 69             | 71 | 68 | 49            | 47 | 54 |
| 11           | 78               | 77 | 78 | 46             | 51 | 61 | 52            | 59 | 61 |
| 12           | 66               | 59 | 69 | 59             | 43 | 59 | 36            | 39 | 39 |
| 13           | 59               | 59 | 65 | 51             | 49 | 49 | 42            | 44 | 42 |
| 14           | 50               | 71 | 77 | 59             | 54 | 61 | 39            | 39 | 43 |
| 15           | 82               | 88 | 83 | 65             | 72 | 68 | 49            | 56 | 58 |
| 16           | 72               | 66 | 64 | 70             | 66 | 61 | 52            | 50 | 32 |
| 17           | 61               | 59 | 50 | 61             | 45 | 49 | 47            | 38 | 61 |
| 18           | 46               | 49 | 56 | 45             | 55 | 59 | 39            | 44 | 49 |
| 19           | 61               | 66 | 72 | 69             | 71 | 70 | 55            | 59 | 59 |
| 20           | 72               | 70 | 68 | 66             | 62 | 64 | 50            |    |    |
| 21           | 45               | 55 | 62 | 69             | 76 | 80 |               |    |    |
| 22           | 88               | 83 | 80 | 69             | 66 | 65 |               |    |    |
| 23           | 82               | 77 | 66 | 59             | 78 | 59 |               |    |    |
| 24           | 63               | 69 | 72 | 49             | 47 | 53 |               |    |    |
| 25           | 70               | 73 | 56 | 57             | 61 | 72 |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 75               |    |    | 75             |    |    | 58            |    |    |

Página 18

i= 85 75

100

VELOCIDAD

i= 64

PERCENT 85= 82

i= 63.75

i= 64



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                  |            |         |
|-------------------|----------------------------------|------------|---------|
| Vombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                | Ensayo N°: | 3       |
| Evaluated por:    | Stevent Quelopana - René Rojas   | KM:        | 946+000 |
| Fecha:            | 04/03/2023                       | Hora:      | 08:00   |
| Tramo:            | 946+000 - 945+000                |            |         |
| Dirección:        | LADO DERECHO (POROY - IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |    |    | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|----|----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 87               | 90 | 90 | 68             | 76 | 76 | 30            | 39 | 42 |
| 2            | 88               | 83 | 85 | 64             | 65 | 69 | 44            | 40 | 49 |
| 3            | 71               | 72 | 75 | 69             | 70 | 61 | 39            | 39 | 42 |
| 4            | 72               | 74 | 80 | 64             | 59 | 59 | 49            | 44 | 28 |
| 5            | 65               | 67 | 60 | 61             | 60 | 69 | 35            | 40 | 49 |
| 6            | 59               | 64 | 71 | 78             | 74 | 76 | 59            | 54 | 55 |
| 7            | 55               | 62 | 64 | 59             | 48 | 51 | 49            | 45 | 42 |
| 8            | 74               | 77 | 75 | 50             | 56 | 65 | 39            | 39 | 38 |
| 9            | 80               | 79 | 80 | 70             | 67 | 74 | 37            | 41 | 48 |
| 10           | 77               | 79 | 69 | 79             | 74 | 79 | 55            | 56 | 59 |
| 11           | 80               | 69 | 62 | 59             | 45 | 49 | 44            | 40 | 34 |
| 12           | 69               | 66 | 75 | 56             | 72 | 73 | 30            | 38 | 29 |
| 13           | 80               | 64 | 63 | 49             | 59 | 47 | 34            | 37 | 44 |
| 14           | 69               | 79 | 76 | 57             | 53 | 60 | 49            | 55 | 53 |
| 15           | 76               | 70 | 69 | 69             | 73 | 69 | 62            | 57 | 52 |
| 16           | 70               | 56 | 49 | 70             | 73 | 75 | 59            | 60 | 64 |
| 17           | 58               | 49 | 52 | 59             | 58 | 62 | 35            | 30 | 30 |
| 18           | 76               | 75 | 79 | 69             | 69 | 74 | 46            | 44 | 49 |
| 19           | 67               | 69 | 72 | 66             | 72 | 70 | 52            | 48 | 41 |
| 20           | 79               | 80 | 85 | 65             | 60 | 69 |               |    |    |
| 21           | 88               | 80 | 78 | 65             | 64 | 68 |               |    |    |
| 22           | 75               | 75 | 70 | 72             | 79 | 80 |               |    |    |
| 23           | 56               | 52 | 45 | 82             | 80 | 79 |               |    |    |
| 24           | 49               | 56 | 66 | 75             | 69 |    |               |    |    |
| 25           | 82               | 80 | 78 |                |    |    |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 75               |    |    | 71             |    |    | 57            |    |    |

i= 85 75

100

**VELOCIDAD**

i= 64

**PERCENT 85= 80**

i= 63.75

i= 64



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                  |            |         |
|-------------------|----------------------------------|------------|---------|
| Vombre de la Vía: | POROY - IZCUCACA                 | Ensayo N°: | 3       |
| Evaluado por:     | Stevent Quelopana - René Rojas   | KM:        | 946+000 |
| Fecha:            | 04/03/2023                       | Hora:      | 08:00   |
| Tramo:            | 946+000 - 945+000                |            |         |
| Dirección:        | LADO IZQUIERDO (PORY - IZCUCACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |    |    | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|----|----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 67               | 88 | 83 | 62             | 66 | 71 | 38            | 35 | 44 |
| 2            | 85               | 77 | 72 | 66             | 60 | 62 | 49            | 50 | 46 |
| 3            | 71               | 72 | 74 | 67             | 65 | 61 | 56            | 39 | 44 |
| 4            | 69               | 70 | 78 | 55             | 54 | 46 | 48            | 45 | 33 |
| 5            | 61               | 69 | 71 | 43             | 49 | 54 | 35            | 44 | 49 |
| 6            | 73               | 75 | 78 | 56             | 59 | 71 | 52            | 50 | 52 |
| 7            | 82               | 56 | 59 | 59             | 49 | 51 | 49            | 44 | 40 |
| 8            | 70               | 68 | 68 | 50             | 55 | 59 | 39            | 39 | 35 |
| 9            | 72               | 77 | 82 | 69             | 64 | 59 | 28            | 40 | 42 |
| 10           | 75               | 79 | 70 | 67             | 60 | 66 | 45            | 45 | 43 |
| 11           | 75               | 70 | 68 | 56             | 50 | 45 | 40            | 39 | 35 |
| 12           | 69               | 69 | 74 | 40             | 60 | 69 | 28            | 32 | 39 |
| 13           | 78               | 76 | 65 | 63             | 59 | 59 | 34            | 40 | 49 |
| 14           | 68               | 71 | 74 | 65             | 68 | 70 | 49            | 47 | 52 |
| 15           | 78               | 68 | 72 | 54             | 50 | 48 | 59            | 51 | 44 |
| 16           | 70               | 66 | 64 | 70             | 72 | 70 | 39            | 38 | 42 |
| 17           | 59               | 69 | 62 | 66             | 59 | 62 | 40            | 49 | 45 |
| 18           | 69               | 74 | 76 | 66             | 54 | 55 | 46            | 46 | 55 |
| 19           | 80               | 82 | 81 | 59             | 58 | 68 | 36            | 41 | 41 |
| 20           | 78               | 76 | 72 | 65             | 64 | 68 |               |    |    |
| 21           | 70               | 66 | 49 | 68             | 69 | 72 |               |    |    |
| 22           | 52               | 54 | 63 | 70             | 65 | 69 |               |    |    |
| 23           | 69               | 72 | 74 | 67             | 55 | 50 |               |    |    |
| 24           | 49               | 59 | 66 | 48             | 77 |    |               |    |    |
| 25           | 76               | 81 | 79 |                |    |    |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 75               |    |    | 71             |    |    | 57            |    |    |

i= 85 75  
100

**VELOCIDAD**

i= 64

**PERCENT 85= 78**

i= 63.75

i= 64



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL  
DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                 |            |         |
|-------------------|---------------------------------|------------|---------|
| Vombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA               | Ensayo N°: | 3       |
| Evaluated por:    | Stevent Quelopana - René Rojas  | KM:        | 945+000 |
| Fecha:            | 04/03/2023                      | Hora:      | 09:45   |
| Tramo:            | 945+000 + 944+000               |            |         |
| Dirección:        | LADO DERECHO (PORY - IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |    |    | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|----|----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 60               | 69 | 77 | 52             | 46 | 51 | 33            | 35 | 39 |
| 2            | 77               | 75 | 70 | 46             | 40 | 42 | 40            | 39 | 36 |
| 3            | 69               | 72 | 72 | 47             | 35 | 51 | 44            | 39 | 41 |
| 4            | 69               | 65 | 73 | 45             | 34 | 46 | 35            | 30 | 35 |
| 5            | 59               | 59 | 55 | 40             | 49 | 54 | 30            | 28 | 39 |
| 6            | 76               | 70 | 66 | 46             | 39 | 61 | 42            | 40 | 32 |
| 7            | 76               | 72 | 59 | 49             | 49 | 51 | 39            | 44 | 40 |
| 8            | 62               | 64 | 56 | 60             | 54 | 56 | 42            | 34 | 36 |
| 9            | 59               | 64 | 70 | 59             | 44 | 49 | 28            | 38 | 36 |
| 10           | 72               | 69 | 68 | 61             | 59 | 56 | 45            | 40 | 40 |
| 11           | 49               | 55 | 61 | 55             | 50 | 48 | 40            | 38 | 35 |
| 12           | 63               | 60 | 70 | 40             | 50 | 49 | 30            | 32 | 37 |
| 13           | 68               | 66 | 65 | 63             | 49 | 59 | 34            | 38 | 42 |
| 14           | 72               | 68 | 74 | 65             | 62 | 68 | 45            | 47 | 49 |
| 15           | 68               | 58 | 53 | 44             | 50 | 50 | 39            | 30 | 44 |
| 16           | 50               | 56 | 49 | 59             | 62 | 59 | 34            | 41 | 42 |
| 17           | 49               | 48 | 52 | 49             | 45 | 40 |               |    |    |
| 18           | 59               | 66 | 71 | 38             | 44 | 55 |               |    |    |
| 19           | 70               | 72 | 61 | 55             | 53 | 60 |               |    |    |
| 20           | 68               | 66 | 72 | 45             | 61 | 60 |               |    |    |
| 21           | 50               | 46 | 49 | 50             | 42 | 48 |               |    |    |
| 22           | 49               | 48 | 50 | 39             | 48 | 49 |               |    |    |
| 23           | 45               | 51 | 54 | 51             |    |    |               |    |    |
| 24           |                  |    |    |                |    |    |               |    |    |
| 25           |                  |    |    |                |    |    |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 69               |    |    | 67             |    |    | 48            |    |    |

i= 85 69  
100

**VELOCIDAD**

i= 59

**PERCENT 85= 72**

i= 58.65

i= 59



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL DE SERVICIOS DE LA CARRETERA POROY - IZCUCHACA



Universidad  
Andina  
del Cusco

|                   |                                  |            |         |
|-------------------|----------------------------------|------------|---------|
| Nombre de la Vía: | POROY - IZCUCHACA                | Ensayo N°: | 3       |
| Evaluated por :   | Stevent Quelopana - René Rojas   | KM:        | 945+000 |
| Fecha:            | 04/03/2023                       | Hora:      | 09:45   |
| Tramo:            | 945+000 + 944+000                |            |         |
| Dirección:        | LADO IZQUIERDO (PORY -IZCUCHACA) |            |         |

|              | AUTOMOVILES KM/H |    |    | AUTOBUSES KM/H |    |    | CAMIONES KM/H |    |    |
|--------------|------------------|----|----|----------------|----|----|---------------|----|----|
| 1            | 59               | 65 | 72 | 48             | 46 | 41 | 35            | 35 | 39 |
| 2            | 72               | 74 | 69 | 46             | 46 | 44 | 39            | 44 | 36 |
| 3            | 71               | 72 | 70 | 44             | 39 | 49 | 40            | 39 | 42 |
| 4            | 68               | 66 | 69 | 49             | 39 | 44 | 36            | 28 | 27 |
| 5            | 60               | 54 | 50 | 46             | 49 | 50 | 30            | 28 | 29 |
| 6            | 52               | 52 | 48 | 44             | 50 | 52 | 35            | 40 | 42 |
| 7            | 46               | 62 | 60 | 49             | 45 | 41 | 39            | 34 | 39 |
| 8            | 60               | 59 | 58 | 50             | 44 | 46 | 42            | 44 | 36 |
| 9            | 50               | 45 | 40 | 39             | 44 | 49 | 28            | 34 | 36 |
| 10           | 55               | 52 | 49 | 51             | 49 | 46 | 40            | 40 | 32 |
| 11           | 47               | 50 | 59 | 35             | 50 | 48 | 30            | 38 | 36 |
| 12           | 63               | 60 | 59 | 49             | 44 | 49 | 37            | 39 | 37 |
| 13           | 58               | 56 | 55 | 55             | 48 | 40 | 44            | 38 | 35 |
| 14           | 52               | 58 | 54 | 49             | 59 | 62 |               |    |    |
| 15           | 48               | 48 | 50 | 54             | 51 | 50 |               |    |    |
| 16           | 49               | 54 | 49 | 49             | 52 | 49 |               |    |    |
| 17           | 54               | 56 | 59 | 49             | 45 | 39 |               |    |    |
| 18           | 59               | 61 | 66 | 38             | 39 | 45 |               |    |    |
| 19           | 69               | 70 | 59 | 55             | 52 | 59 |               |    |    |
| 20           | 58               | 56 | 53 | 44             | 51 | 60 |               |    |    |
| 21           | 49               | 48 | 49 |                |    |    |               |    |    |
| 22           | 40               | 44 | 39 |                |    |    |               |    |    |
| 23           | 41               |    |    |                |    |    |               |    |    |
| 24           |                  |    |    |                |    |    |               |    |    |
| 25           |                  |    |    |                |    |    |               |    |    |
| <b>TOTAL</b> | 67               |    |    | 52             |    |    | 33            |    |    |

i= 85 67  
100

VELOCIDAD

i= 57

PERCENT 85= 68

i= 56.95

i= 57



CALCULO NIVEL DE SERVICIO SIN IRI MEDIANTE VELOCIDAD EN  
MAYORES TASAS DE FLUJO

CALCULO NIVEL DE SERVICIO SIN IRI MEDIANTE VELOCIDAD EN MAYORES TASAS DE FLUJO

| CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA SIN IRI   |  |                              |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|--|--|------------------------------|--|--|--|------------------------------|---------|---------------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|------------|-----|-----|-----|
| DATOS  |  |                              |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| VOLUMEN DE DEMANDA :   | 550  | veh/h                        |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| DIRECCION DIVIDIDA:  | 49.18  | 50.82                        |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| FHP:   | 0.98   | Factor Hora Punta (FHP)      |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| TIPO DE TERRENO:   | PLANO  |                              |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| % CAMION:  | 15   | %                            |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| % RVS:   | 82   | %                            |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| ANCHO DE CARRIL:   | 14.76  | ft                           |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| BERMA UTILIZABLE:  | 6.56   | ft                           |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| Sfm:   | 45.36  | mi/h                         | velocidad media  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| PUNTO DE ACCESO:   | 0  | puntos/mi                    |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:   | 0  | %                            |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| ESTIMACION DEL FFS (velocidad de flujo libre)  |  |                              |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| velocidad media o promedio de dos  | S <sub>mf</sub> =                              | 45.36                        |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| velocidad de flujo de la demanda de  | V=   | 550                          |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| factor de ajuste de vehiculos pesados  | FHV,ATS F1:                                    | 0.91                         |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | FHV,ATS F2:                                    | 0.91                         |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | DATO FORMULA                                   | 0.00776                      |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  |  |                              | $FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{v}{f_{HV,ATS}} \right)$ |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | FFS1:  | 50.04                        | mi/h   |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | FFS2:  | 50.04                        | mi/h   |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)   |  |                              |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | 49%  | 0.49                         |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | 51%  | 0.51                         |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | V1=  | 270.56                       | veh/h  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | V2=  | 279.53                       | veh/h  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Directional Demand Flow Rate, <math>v_{95}</math> (veh/h)</th> <th>Level Terrain and Specific Downgrades</th> <th>Rolling Terrain</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>≤100</td><td>1.00</td><td>0.75</td></tr> <tr><td>200</td><td>1.00</td><td>0.80</td></tr> <tr><td>300</td><td>1.00</td><td>0.85</td></tr> <tr><td>400</td><td>1.00</td><td>0.90</td></tr> <tr><td>500</td><td>1.00</td><td>0.96</td></tr> <tr><td>600</td><td>1.00</td><td>0.97</td></tr> <tr><td>700</td><td>1.00</td><td>0.99</td></tr> <tr><td>800</td><td>1.00</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>≥900</td><td>1.00</td><td>1.00</td></tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;">Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.</p>   |  |                              |  | Directional Demand Flow Rate, $v_{95}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades          | Rolling Terrain              | ≤100    | 1.00          | 0.75 | 200 | 1.00 | 0.80 | 300 | 1.00 | 0.85 | 400 | 1.00 | 0.90 | 500 | 1.00 | 0.96 | 600 | 1.00 | 0.97 | 700 | 1.00 | 0.99 | 800 | 1.00 | 1.00 | ≥900 | 1.00 | 1.00 |     |     |            |     |     |     |
| Directional Demand Flow Rate, $v_{95}$ (veh/h)   | Level Terrain and Specific Downgrades          | Rolling Terrain              |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| ≤100   | 1.00   | 0.75                         |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| 200  | 1.00   | 0.80                         |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| 300  | 1.00   | 0.85                         |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| 400  | 1.00   | 0.90                         |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| 500  | 1.00   | 0.96                         |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| 600  | 1.00   | 0.97                         |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| 700  | 1.00   | 0.99                         |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| 800  | 1.00   | 1.00                         |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| ≥900   | 1.00   | 1.00                         |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | fg, ATS direcc                                 | 1                            |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | fg, ATS direcc                                 | 1                            |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Vehicle Type</th> <th>Directional Demand Flow Rate, <math>v_{95}</math> (veh/h)</th> <th>Level and Specific Downgrade</th> <th>Rolling</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td rowspan="9">Trucks, <math>E_T</math></td><td>≤100</td><td>1.1</td><td>1.9</td></tr> <tr><td>200</td><td>1.1</td><td>1.8</td></tr> <tr><td>300</td><td>1.1</td><td>1.7</td></tr> <tr><td>400</td><td>1.1</td><td>1.6</td></tr> <tr><td>500</td><td>1.0</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>600</td><td>1.0</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>700</td><td>1.0</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>800</td><td>1.0</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>≥900</td><td>1.0</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>RVS, <math>E_R</math></td><td>All</td><td>1.0</td><td>1.0</td></tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;">Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.</p> |  |                              |  | Vehicle Type                                   | Directional Demand Flow Rate, $v_{95}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade | Rolling | Trucks, $E_T$ | ≤100 | 1.1 | 1.9  | 200  | 1.1 | 1.8  | 300  | 1.1 | 1.7  | 400  | 1.1 | 1.6  | 500  | 1.0 | 1.4  | 600  | 1.0 | 1.2  | 700  | 1.0 | 1.0  | 800  | 1.0  | 1.0  | ≥900 | 1.0 | 1.0 | RVS, $E_R$ | All | 1.0 | 1.0 |
| Vehicle Type   | Directional Demand Flow Rate, $v_{95}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade | Rolling  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| Trucks, $E_T$  | ≤100   | 1.1                          | 1.9  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | 200  | 1.1                          | 1.8  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | 300  | 1.1                          | 1.7  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | 400  | 1.1                          | 1.6  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | 500  | 1.0                          | 1.4  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | 600  | 1.0                          | 1.2  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | 700  | 1.0                          | 1.0  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | 800  | 1.0                          | 1.0  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | ≥900   | 1.0                          | 1.0  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| RVS, $E_R$   | All  | 1.0                          | 1.0  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | X=   | 270.56                       |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| POSICION   | X0=  | 200                          | Y0= 1.1  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | X1=  | 300                          | Y1= 1.1  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | interpolando Y=                                | 1.100                        |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | X=   | 279.53                       |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| POSICION   | X0=  | 200                          | Y0= 1.1  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | X1=  | 300                          | Y1= 1.1  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|  | interpolando Y=                                | 1.100                        |  |  |  |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |





$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{mp,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 44.05**  
**ATSd Tramo 2 = 44.09**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 88.03%**  
**PFFS 2 = 88.11%**

NIVEL DE SERVICIO

*Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*

| Nivel de Servicio (LOS) | Carreteras de clase I |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|-------------------------|-----------------------|----------|--------------------|---------------------|
|                         | ATS (mi/hr // km/hr)  | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A                    | > 55 // > 90          | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B                    | > 50-55 // > 82-90    | > 35-50  | > 40-55            | > 83.3-91.7         |
| NS C                    | > 45-50 // > 74-82    | > 50-65  | > 55-70            | > 75.0-83.3         |
| NS D                    | > 40-45 // > 65-74    | > 65-80  | > 70-85            | 66.7-75.0           |
| NS F                    | ≤ 40 // ≤ 65          | > 80     | > 85               | ≤ 66.7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = B**  
**NDS = B**

CAPACIDAD

$$C_{d,ATS} = 1,700 f_{g,ATS} f_{HV,ATS}$$

**C1d ATS = 1549.16 veh/hr**  
**C2d ATS = 1549.16 veh/hr**

**CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA SIN IRI**

| DATOS                             |       |                         |
|-----------------------------------|-------|-------------------------|
| <b>VOLUMEN DE DEMANDA :</b>       | 597   | veh/h                   |
| <b>DIRECCION DIVIDIDA:</b>        | 46.83 | 53.17                   |
| <b>FHP:</b>                       | 0.98  | Factor Hora Punta (FHP) |
| <b>TIPO DE TERRENO:</b>           | PLANO |                         |
| <b>z CAMION:</b>                  | 14    | %                       |
| <b>z RYS:</b>                     | 83    | %                       |
| <b>ANCHO DE CARRIL:</b>           | 14.76 | ft                      |
| <b>BERMA UTILIZABLE:</b>          | 6.56  | ft                      |
| <b>Sfm:</b>                       | 45.05 | mi/h velocidad media    |
| <b>PUNTO DE ACCESO:</b>           | 0     | puntos/mi               |
| <b>ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:</b> | 0     | %                       |

ESTIMACION DEL FFS (velocidad de flujo libre)

velocidad media o promedio de dos  $S_{fm} = 45.05$   
 velocidad de flujo de la demanda de  $V = 597$   
 actor de ajuste de vehiculos pesados  $F_{HV,ATS1} = 0.91$   
 $F_{HV,ATS2} = 0.91$   
 DATO FORMULA  $0.00776$

$$FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{v}{f_{HV,ATS}} \right)$$





FFS1: **50.05** mi/h  
FFS2: **50.05** mi/h

AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)

~~472~~ 0.47  
~~532~~ 0.53  
V1= 279.63 veh/h  
V2= 317.54 veh/h

| Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades | Rolling Terrain |
|---|---------------------------------------|-----------------|
| ≤100  | 1.00                                  | 0.75            |
| 200   | 1.00                                  | 0.80            |
| 300   | 1.00                                  | 0.85            |
| 400   | 1.00                                  | 0.90            |
| 500   | 1.00                                  | 0.96            |
| 600   | 1.00                                  | 0.97            |
| 700   | 1.00                                  | 0.99            |
| 800   | 1.00                                  | 1.00            |
| ≥900  | 1.00                                  | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg. ATS direcc **1**  
fg. ATS direcc **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade | Rolling |
|---------------|---|------------------------------|---------|
| Trucks, $E_T$ | ≤100  | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200   | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300   | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400   | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500   | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600   | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700   | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800   | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900  | 1.0                          | 1.0     |
| RVs, $E_R$    | All   | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

X= 279.63  
POSICION  
X0= 200  
X1= 300  
interpolando Y= 1.100

Y0= 1.1  
Y1= 1.1

X= 317.54  
POSICION  
X0= 300  
X1= 400  
interpolando Y= 1.100

Y0= 1.1  
Y1= 1.1

ET direccion 1 **1.1**  
ET direccion 2 **1.1**  
ER direccion 1 **1.1**  
ER direccion 2 **1.1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.14  
PR 0.83

FHV,ATSF1: **0.91**  
FHV,ATSF2: **0.91**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{g,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

**V1,ATSF: 313.16** **314** **redondeo**  
**V2,ATSF: 355.62** **356**



ESTIMACION DEL ATS

| Opposing Demand Flow Rate,<br>$v_d$ (ft/s) | Percent No-Freeing Zones |     |     |     |
|--|--------------------------|-----|-----|-----|
|  | 4.20                     | 40  | 60  | 80  |
| <b>FFS = 64 mi/h</b>                       |                          |     |     |     |
| 100  | 1.1                      | 2.2 | 2.8 | 3.0 |
| 200  | 2.2                      | 3.3 | 3.9 | 4.0 |
| 400  | 1.6                      | 2.3 | 2.7 | 2.8 |
| 600  | 1.4                      | 1.5 | 1.7 | 1.9 |
| 800  | 0.7                      | 1.0 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.8 | 1.1 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.6                      | 0.8 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 |
| 1,600                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| <b>FFS = 60 mi/h</b>                       |                          |     |     |     |
| 100  | 0.7                      | 1.7 | 2.3 | 2.8 |
| 200  | 1.9                      | 2.9 | 3.7 | 4.0 |
| 400  | 1.4                      | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600  | 1.1                      | 1.3 | 1.6 | 1.9 |
| 800  | 0.6                      | 0.9 | 1.1 | 1.3 |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 |
| 1,600                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 |
| <b>FFS = 55 mi/h</b>                       |                          |     |     |     |
| 100  | 0.5                      | 1.2 | 2.2 | 2.6 |
| 200  | 1.5                      | 2.4 | 3.5 | 3.9 |
| 400  | 1.3                      | 1.9 | 2.4 | 2.7 |
| 600  | 0.9                      | 1.1 | 1.6 | 1.9 |
| 800  | 0.5                      | 0.7 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.9 |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| 1,600                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| <b>FFS = 50 mi/h</b>                       |                          |     |     |     |
| 100  | 0.2                      | 0.7 | 1.9 | 2.4 |
| 200  | 1.2                      | 2.0 | 3.3 | 3.9 |
| 400  | 1.1                      | 1.6 | 2.2 | 2.6 |
| 600  | 0.6                      | 0.9 | 1.4 | 1.7 |
| 800  | 0.4                      | 0.6 | 0.9 | 1.2 |
| 1,000                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.9 |
| 1,200                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.8 |
| 1,400                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.6 | 0.7 |
| 1,600                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.5 | 0.5 |
| <b>FFS = 45 mi/h</b>                       |                          |     |     |     |
| 100  | 0.1                      | 0.4 | 1.7 | 2.2 |
| 200  | 0.9                      | 1.6 | 3.1 | 3.8 |
| 400  | 0.9                      | 0.9 | 2.0 | 2.5 |
| 600  | 0.4                      | 0.5 | 1.3 | 1.7 |
| 800  | 0.3                      | 0.3 | 0.8 | 1.1 |
| 1,000                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.8 |
| 1,200                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.7 |
| 1,400                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.6 |
| 1,600                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.4 | 0.6 |

Note: Interpolation of  $f_{d,ATS}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

X= 279.63  
POSICION  
X0= 200  
X1= 400  
Y= 1.162

Y0= 1.6  
Y1= 0.5

X= 317.54  
POSICION  
X0= 200  
X1= 400  
Y= 0.354

**fat,ATS TRAMO 1 = 1.16**  
**fat,ATS TRAMO 2 = 0.95**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{mp,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 44.11**  
**ATSd Tramo 2 = 44.31**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 88.13%**  
**PFFS 2 = 88.53%**



**NIVEL DE SERVICIO**

*Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*

| Nivel de Servicio (LOS) | Carreteras de clase I |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|-------------------------|-----------------------|----------|--------------------|---------------------|
|                         | ATS (mi/hr // km/hr)  | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A                    | > 55 // > 90          | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B                    | > 50-55 // > 82-90    | > 35-50  | > 40-55            | > 83.3-91.7         |
| NS C                    | > 45-50 // > 74-82    | > 50-65  | > 55-70            | > 75.0-83.3         |
| NS D                    | > 40-45 // > 65-74    | > 65-80  | > 70-85            | 66.7-75.0           |
| NS F                    | ≤ 40 // ≤ 65          | > 80     | > 85               | ≤ 66.7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = B**  
**NDS = B**

**CAPACIDAD**

$$C_{d,ATS} = 1,700 f_{g,ATS} f_{HV,ATS}$$

**C1d ATS = 1548.94 veh/hr**  
**C2d ATS = 1548.94 veh/hr**

**CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA SIN IRI**

| DATOS                      |       |                         |
|----------------------------|-------|-------------------------|
| VOLUMEN DE DEMANDA :       | 583   | veh/h                   |
| DIRECCION DIVIDIDA:        | 48.55 | 51.45                   |
| FHP:                       | 0.98  | Factor Hora Punta (FHP) |
| TIPO DE TERRENO:           | PLANO |                         |
| % CAMION:                  | 16    | %                       |
| % RYS:                     | 82    | %                       |
| ANCHO DE CARRIL:           | 14.76 | ft                      |
| BERMA UTILIZABLE:          | 6.56  | ft                      |
| S <sub>fm</sub> :          | 52.82 | mi/h velocidad media    |
| PUNTO DE ACCESO:           | 0     | puntos/mi               |
| ZONA DE PROHIBIDO EL PASO: | 0     | %                       |

**ESTIMACION DEL FFS (velocidad de flujo libre)**

velocidad media o promedio de los  $S_{fm} = 52.82$   
 velocidad de flujo de la demanda de  $V = 582.75$   
 factor de ajuste de vehiculos pesados  $F_{HV,ATS1} = 0.96$   
 $F_{HV,ATS2} = 0.94$   
 DATO FORMULA  $0.00776$

$$FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{v}{f_{HV,ATS}} \right)$$

**FFS1: 49.81 mi/h**  
**FFS2: 49.90 mi/h**

**AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)**

**49%** 0.49  
**51%** 0.51  
**V1=** 282.91 veh/h  
**V2=** 299.84 veh/h



| Directional Demand Flow Rate, $v_{95}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades | Rolling Terrain |
|--|---------------------------------------|-----------------|
| ≤100   | 1.00                                  | 0.73            |
| 200  | 1.00                                  | 0.80            |
| 300  | 1.00                                  | 0.85            |
| 400  | 1.00                                  | 0.90            |
| 500  | 1.00                                  | 0.96            |
| 600  | 1.00                                  | 0.97            |
| 700  | 1.00                                  | 0.99            |
| 800  | 1.00                                  | 1.00            |
| ≥900   | 1.00                                  | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg, ATS direcc **1**

fg, ATS direcc **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{95}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade | Rolling |
|---------------|--|------------------------------|---------|
| Trucks, $E_T$ | ≤100   | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200  | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300  | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400  | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500  | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600  | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700  | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800  | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900   | 1.0                          | 1.0     |
| $RVs, E_R$    | All  | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

X= 282.91  
POSICION  
X0= 200      Y0= 1.1  
X1= 300      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.10

X= 299.84  
POSICION  
X0= 200      Y0= 1.1  
X1= 300      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.10

ET direccion 1 **1.1**  
ET direccion 2 **1.1**  
ER direccion 1 **1.1**  
ER direccion 2 **1.1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.16

PR 0.82

FHV,ATSF1: **0.91**

FHV,ATSF2: **0.91**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{g,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

V1,ATSF: 316.90

redondeo

**317**

V2,ATSF: 335.86

**336**



ESTIMACION DEL ATS

| Opening Demand Flow Rate,<br>$v_d$ (veh/h) | Percent No-Passing Zones |     |     |     |
|--|--------------------------|-----|-----|-----|
|  | 5.20                     | 60  | 80  | 100 |
| FFS = 65 mph                               |                          |     |     |     |
| <100                                       | 1.1                      | 2.2 | 2.8 | 3.0 |
| 200  | 2.2                      | 3.3 | 3.9 | 4.0 |
| 400  | 1.6                      | 2.3 | 2.7 | 2.8 |
| 600  | 1.4                      | 1.5 | 1.7 | 1.9 |
| 800  | 0.7                      | 1.0 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.8 | 1.1 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.6                      | 0.8 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 |
| >1,600                                     | 0.6                      | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| FFS = 60 mph                               |                          |     |     |     |
| <100                                       | 0.7                      | 1.7 | 2.5 | 2.8 |
| 200  | 1.9                      | 2.9 | 3.7 | 4.0 |
| 400  | 1.4                      | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600  | 1.1                      | 1.3 | 1.6 | 1.9 |
| 800  | 0.6                      | 0.9 | 1.1 | 1.3 |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.8 |
| >1,600                                     | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 |
| FFS = 55 mph                               |                          |     |     |     |
| <100                                       | 0.5                      | 1.2 | 2.2 | 2.6 |
| 200  | 1.5                      | 2.4 | 3.3 | 3.9 |
| 400  | 1.3                      | 1.9 | 2.4 | 2.7 |
| 600  | 0.9                      | 1.1 | 1.6 | 1.9 |
| 800  | 0.5                      | 0.7 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.9 |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| >1,600                                     | 0.5                      | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| FFS = 50 mph                               |                          |     |     |     |
| <100                                       | 0.2                      | 0.7 | 1.6 | 2.4 |
| 200  | 1.2                      | 2.0 | 3.3 | 3.9 |
| 400  | 1.1                      | 1.6 | 2.2 | 2.6 |
| 600  | 0.6                      | 0.9 | 1.4 | 1.7 |
| 800  | 0.4                      | 0.6 | 0.9 | 1.2 |
| 1,000                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.9 |
| 1,200                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.8 |
| 1,400                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.6 | 0.7 |
| >1,600                                     | 0.4                      | 0.4 | 0.5 | 0.6 |
| FFS = 45 mph                               |                          |     |     |     |
| <100                                       | 0.1                      | 0.4 | 1.7 | 2.2 |
| 200  | 0.9                      | 1.6 | 3.1 | 4.0 |
| 400  | 0.9                      | 0.5 | 2.0 | 2.5 |
| 600  | 0.4                      | 0.3 | 1.3 | 1.7 |
| 800  | 0.3                      | 0.3 | 0.8 | 1.1 |
| 1,000                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.8 |
| 1,200                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.7 |
| 1,400                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.7 |
| >1,600                                     | 0.3                      | 0.3 | 0.4 | 0.6 |

Note: Interpolation of  $f_{np}$  for percent no-passing zones, demand flow rates, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

X= 282.91  
POSICION  
X0= 200  
X1= 400  
Y= 1.14

X= 299.84  
POSICION  
X0= 200  
X1= 300  
Y= 0.50

**$f_{np,ATS}$  TRAMO 1 = 1.14**  
 **$f_{np,ATS}$  TRAMO 2 = 0.50**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 43.88**  
**ATSd Tramo 2 = 44.61**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 88.11%**  
**PFFS 2 = 89.40%**



| Directional Demand Flow Rate, $v_{DD}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades |                 |
|--|---------------------------------------|-----------------|
|  | Level Terrain and Specific Downgrades | Rolling Terrain |
| ≤100   | 1.00                                  | 0.73            |
| 200  | 1.00                                  | 0.80            |
| 300  | 1.00                                  | 0.85            |
| 400  | 1.00                                  | 0.90            |
| 500  | 1.00                                  | 0.96            |
| 600  | 1.00                                  | 0.97            |
| 700  | 1.00                                  | 0.99            |
| 800  | 1.00                                  | 1.00            |
| ≥900   | 1.00                                  | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg, ATS direcc 1 **1**  
fg, ATS direcc 1 **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{DD}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade |         |
|---------------|--|------------------------------|---------|
|               |  | Downgrade                    | Rolling |
| Trucks, $E_T$ | ≤100   | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200  | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300  | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400  | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500  | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600  | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700  | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800  | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900   | 1.0                          | 1.0     |
| $R_V, E_R$    | All  | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

|                      |         |                      |         |
|----------------------|---------|----------------------|---------|
| X= 305.55            |         | X= 279.45            |         |
| POSICION             |         | POSICION             |         |
| X0= 300              | Y0= 1.1 | X0= 200              | Y0= 1.1 |
| X1= 400              | Y1= 1.1 | X1= 300              | Y1= 1.1 |
| interpolando Y= 1.10 |         | interpolando Y= 1.10 |         |

ET direccion 1 **1.1**  
ET direccion 2 **1.1**  
ER direccion 1 **1.1**  
ER direccion 2 **1.1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.14  
PR 0.81  
FHV,ATS F1: **0.91**  
FHV,ATS F2: **0.91**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{g,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

**redondeo**  
Y1,ATS F: 341.39 **342**  
Y2,ATS F: 312.22 **313**



ESTIMACION DEL ATS

| Opening Demand Flow Rate,<br>$V_d$ (pc/h) | Percent No-Passing Zones |     |     |     |
|---|--------------------------|-----|-----|-----|
|   | 5.00                     | 60  | 80  | 100 |
| FFS = 65 mph                              |                          |     |     |     |
| 100                                       | 1.1                      | 2.2 | 2.8 | 3.0 |
| 200                                       | 2.2                      | 3.3 | 3.9 | 4.2 |
| 400                                       | 1.6                      | 2.3 | 2.7 | 2.8 |
| 600                                       | 1.4                      | 1.5 | 1.7 | 1.9 |
| 800                                       | 0.7                      | 1.0 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000                                     | 0.6                      | 0.8 | 1.1 | 1.1 |
| 1,200                                     | 0.6                      | 0.8 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400                                     | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 |
| 1,600                                     | 0.6                      | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| FFS = 60 mph                              |                          |     |     |     |
| 100                                       | 0.7                      | 1.7 | 2.5 | 2.8 |
| 200                                       | 1.5                      | 2.9 | 3.7 | 4.0 |
| 400                                       | 1.4                      | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600                                       | 1.1                      | 1.3 | 1.6 | 1.9 |
| 800                                       | 0.6                      | 0.9 | 1.1 | 1.3 |
| 1,000                                     | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                     | 0.5                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400                                     | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 |
| 1,600                                     | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 |
| FFS = 55 mph                              |                          |     |     |     |
| 100                                       | 0.5                      | 1.2 | 2.2 | 2.6 |
| 200                                       | 1.0                      | 2.4 | 3.5 | 3.9 |
| 400                                       | 1.2                      | 1.9 | 2.4 | 2.7 |
| 600                                       | 0.9                      | 1.1 | 1.6 | 1.9 |
| 800                                       | 0.5                      | 0.7 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000                                     | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 |
| 1,200                                     | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.9 |
| 1,400                                     | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| 1,600                                     | 0.5                      | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| FFS = 50 mph                              |                          |     |     |     |
| 100                                       | 0.2                      | 0.7 | 1.3 | 1.4 |
| 200                                       | 1.2                      | 2.0 | 3.2 | 3.6 |
| 400                                       | 1.1                      | 1.6 | 2.2 | 2.6 |
| 600                                       | 0.8                      | 0.9 | 1.4 | 1.7 |
| 800                                       | 0.4                      | 0.6 | 0.9 | 1.2 |
| 1,000                                     | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.9 |
| 1,200                                     | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.8 |
| 1,400                                     | 0.4                      | 0.4 | 0.6 | 0.7 |
| 1,600                                     | 0.4                      | 0.4 | 0.5 | 0.5 |
| FFS = 45 mph                              |                          |     |     |     |
| 100                                       | 0.1                      | 0.4 | 1.7 | 2.2 |
| 200                                       | 0.9                      | 1.6 | 3.1 | 3.6 |
| 400                                       | 0.9                      | 0.5 | 2.0 | 2.5 |
| 600                                       | 0.4                      | 0.3 | 1.3 | 1.7 |
| 800                                       | 0.3                      | 0.3 | 0.8 | 1.1 |
| 1,000                                     | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.8 |
| 1,200                                     | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.7 |
| 1,400                                     | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.7 |
| 1,600                                     | 0.3                      | 0.3 | 0.4 | 0.4 |

Note: Interpolation of  $K_{d,ATS}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

X= 305.55  
POSICION  
X0= 200      Y0= 1.6  
X1= 400      Y1= 0.5  
Y= 1.02

X= 279.45  
POSICION  
X0= 200      Y0= 1.6  
X1= 400      Y1= 0.5  
Y= 1.16

**fat,ATS TRAMO 1 = 1.02**

**fat,ATS TRAMO 2 = 1.16**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{mp,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 44.01**

**ATSd Tramo 2 = 43.95**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 88.36%**

**PFFS 2 = 88.07%**



**NIVEL DE SERVICIO**

*Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*

| Nivel de Servicio (LOS) | Carreteras de clase I |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|-------------------------|-----------------------|----------|--------------------|---------------------|
|                         | ATS (mi/hr // km/hr)  | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A                    | > 55 // > 90          | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B                    | > 50-55 // > 82-90    | > 35-50  | > 40-55            | > 83,3-91,7         |
| NS C                    | > 45-50 // > 74-82    | > 50-65  | > 55-70            | > 75,0-83,3         |
| NS D                    | > 40-45 // > 65-74    | > 65-80  | > 70-85            | 66,7-75,0           |
| NS F                    | ≤ 400 // ≤ 65         | > 80     | > 85               | ≤ 66.7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = B**

**NDS = B**

**CAPACIDAD**

$$C_{d,ATS} = 1,700 f_{g,ATS} f_{HV,ATS}$$

**C1d ATS = 1552.60 veh/hr**

**C2d ATS = 1552.60 veh/hr**

**CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA SIN IRI**

**DATOS**

|                                   |       |                         |
|-----------------------------------|-------|-------------------------|
| <b>VOLUMEN DE DEMANDA :</b>       | 532   | veh/h                   |
| <b>DIRECCION DIVIDIDA:</b>        | 50.04 | 49.96                   |
| <b>FHP:</b>                       | 0.98  | Factor Hora Punta (FHP) |
| <b>TIPO DE TERRENO:</b>           | PLANO |                         |
| <b>z CAMION:</b>                  | 15    | %                       |
| <b>z RYS:</b>                     | 80    | %                       |
| <b>ANCHO DE CARRIL:</b>           | 14.76 | ft                      |
| <b>BERMA UTILIZABLE:</b>          | 6.56  | ft                      |
| <b>S<sub>fm</sub>:</b>            | 56.86 | mi/h velocidad media    |
| <b>PUNTO DE ACCESO:</b>           | 0     | puntos/mi               |
| <b>ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:</b> | 0     | %                       |

**ESTIMACION DEL FFS (velocidad de flujo libre)**

|   |                         |         |
|---|-------------------------|---------|
| <b>velocidad media o promedio de dos</b>    | S <sub>mf</sub> =       | 56.86   |
| <b>velocidad de flujo de la demanda de</b>  | V=                      | 531.67  |
| <b>actor de ajuste de vehiculos pesados</b> | FHV,ATS <sub>F1</sub> : | 0.96    |
|   | FHV,ATS <sub>F2</sub> : | 0.94    |
|   | DATO FORMULA            | 0.00776 |

$$FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{v}{f_{HV,ATS}} \right)$$

**FFS1: 49.81 mi/h**

**FFS2: 49.90 mi/h**

**AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)**

|            |              |
|------------|--------------|
| <b>50z</b> | 0.50         |
| <b>50z</b> | 0.50         |
| <b>V1=</b> | 236.07 veh/h |
| <b>V2=</b> | 235.60 veh/h |





| Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades |                 |
|---|---------------------------------------|-----------------|
|   | Level Terrain                         | Rolling Terrain |
| ≤100  | 1.00                                  | 0.73            |
| 200   | 1.00                                  | 0.80            |
| 300   | 1.00                                  | 0.85            |
| 400   | 1.00                                  | 0.90            |
| 500   | 1.00                                  | 0.96            |
| 600   | 1.00                                  | 0.97            |
| 700   | 1.00                                  | 0.99            |
| 800   | 1.00                                  | 1.00            |
| ≥900  | 1.00                                  | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg, ATS direcc **1**  
fg, ATS direcc **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade |         |
|---------------|---|------------------------------|---------|
|               |   | Downgrade                    | Rolling |
| Trucks, $E_T$ | ≤100  | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200   | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300   | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400   | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500   | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600   | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700   | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800   | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900  | 1.0                          | 1.0     |
| RVs, $E_R$    | All   | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

X= 296.07  
POSICION  
X0= 200      Y0= 1.1  
X1= 300      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

X= 295.60  
POSICION  
X0= 200      Y0= 1.1  
X1= 300      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

ET direccion 1 **1.1**  
ET direccion 2 **1.1**  
ER direccion 1 **1.1**  
ER direccion 2 **1.1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.15  
PR 0.80

FHV,ATSF1: **0.91**  
FHV,ATSF2: **0.91**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{S,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

**redondeo**  
Y1,ATSF: 330.67 **331**  
Y2,ATSF: 330.15 **331**



ESTIMACION DEL ATS

| Opposing Demand Flow Rate,<br>$v_d$ (m/s) | Percent No. Passing Zones |     |     |     |     |
|---|---------------------------|-----|-----|-----|-----|
|   | 1.25                      | 60  | 90  | 95  | 100 |
| FFS = 85 m/s                              |                           |     |     |     |     |
| 100                                       | 1.1                       | 2.2 | 2.8 | 3.0 | 3.1 |
| 200                                       | 2.2                       | 3.3 | 3.9 | 4.0 | 4.2 |
| 400                                       | 1.6                       | 2.3 | 2.7 | 2.8 | 2.9 |
| 600                                       | 1.4                       | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.0 |
| 800                                       | 0.7                       | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 |
| 1,000                                     | 0.6                       | 0.8 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                     | 0.6                       | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 1,400                                     | 0.6                       | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| 1,600                                     | 0.6                       | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| FFS = 80 m/s                              |                           |     |     |     |     |
| 100                                       | 0.7                       | 1.7 | 2.3 | 2.8 | 2.9 |
| 200                                       | 1.9                       | 2.9 | 3.7 | 4.0 | 4.2 |
| 400                                       | 1.4                       | 2.0 | 2.5 | 2.7 | 2.9 |
| 600                                       | 1.1                       | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.0 |
| 800                                       | 0.6                       | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 |
| 1,000                                     | 0.6                       | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                     | 0.5                       | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400                                     | 0.5                       | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9 |
| 1,600                                     | 0.5                       | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| FFS = 75 m/s                              |                           |     |     |     |     |
| 100                                       | 0.5                       | 1.2 | 2.2 | 2.8 | 2.7 |
| 200                                       | 1.5                       | 2.4 | 3.5 | 3.9 | 4.1 |
| 400                                       | 1.3                       | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 2.8 |
| 600                                       | 0.9                       | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.9 |
| 800                                       | 0.5                       | 0.7 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000                                     | 0.5                       | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                     | 0.5                       | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 1.0 |
| 1,400                                     | 0.5                       | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.9 |
| 1,600                                     | 0.5                       | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| FFS = 70 m/s                              |                           |     |     |     |     |
| 100                                       | 0.2                       | 0.7 | 1.9 | 2.4 | 2.5 |
| 200                                       | 1.2                       | 2.0 | 3.3 | 3.9 | 4.0 |
| 400                                       | 1.1                       | 1.6 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 600                                       | 0.6                       | 0.9 | 1.4 | 1.7 | 1.9 |
| 800                                       | 0.4                       | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.3 |
| 1,000                                     | 0.4                       | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                     | 0.4                       | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 1.0 |
| 1,400                                     | 0.4                       | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| 1,600                                     | 0.4                       | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| FFS = 65 m/s                              |                           |     |     |     |     |
| 100                                       | 0.1                       | 0.4 | 1.7 | 2.2 | 2.4 |
| 200                                       | 0.9                       | 1.6 | 3.1 | 3.6 | 4.0 |
| 400                                       | 0.9                       | 0.5 | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600                                       | 0.4                       | 0.3 | 1.3 | 1.7 | 1.8 |
| 800                                       | 0.3                       | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000                                     | 0.3                       | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 1.1 |
| 1,200                                     | 0.3                       | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 1.0 |
| 1,400                                     | 0.3                       | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 1,600                                     | 0.3                       | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.6 |

Note: Interpolation of  $f_{mp}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

X= 296.07  
POSICION  
X0= 200      Y0= 1.6  
X1= 400      Y1= 0.5  
Y= 1.07

X= 295.60  
POSICION  
X0= 200      Y0= 1.6  
X1= 400      Y1= 0.5  
Y= 1.07

**$f_{at,ATS}$  TRAMO 1 = 1.07**  
 **$f_{at,ATS}$  TRAMO 2 = 1.07**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{mp,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 43.96**  
**ATSd Tramo 2 = 44.04**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 88.25%**  
**PFFS 2 = 88.25%**



**NIVEL DE SERVICIO**

*Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*

| Nivel de Servicio (LOS) | Carreteras de clase I |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|-------------------------|-----------------------|----------|--------------------|---------------------|
|                         | ATS (mi/hr // km/hr)  | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A                    | > 55 // > 90          | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B                    | > 50-55 // > 82-90    | > 35-50  | > 40-55            | > 83,3-91,7         |
| NS C                    | > 45-50 // > 74-82    | > 50-65  | > 55-70            | > 75,0-83,3         |
| NS D                    | > 40-45 // > 65-74    | > 65-80  | > 70-85            | 66,7-75,0           |
| NS F                    | ≤ 40 // ≤ 65          | > 80     | > 85               | ≤ 66,7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = B**

**NDS = B**

**CAPACIDAD**

$$C_{d,ATS} = 1,700 f_{g,ATS} f_{HV,ATS}$$

**C1d ATS = 1553.18 veh/hr**

**C2d ATS = 1553.18 veh/hr**

**CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA SIN IRI**

| DATOS                             |       |                         |
|-----------------------------------|-------|-------------------------|
| <b>VOLUMEN DE DEMANDA :</b>       | 345   | veh/h                   |
| <b>DIRECCION DIVIDIDA:</b>        | 45.71 | 54.29                   |
| <b>FHP:</b>                       | 0.98  | Factor Hora Punta (FHP) |
| <b>TIPO DE TERRENO:</b>           | PLANO |                         |
| <b>% CAMION:</b>                  | 23    | %                       |
| <b>% RVS:</b>                     | 81    | %                       |
| <b>ANCHO DE CARRIL:</b>           | 14.76 | ft                      |
| <b>BERMA UTILIZABLE:</b>          | 6.56  | ft                      |
| <b>Sfm:</b>                       | 56.23 | mi/h velocidad media    |
| <b>PUNTO DE ACCESO:</b>           | 0     | puntos/mi               |
| <b>ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:</b> | 0     | %                       |

**ESTIMACION DEL FFS (velocidad de flujo libre)**

|  |                  |         |
|--|------------------|---------|
| <b>velocidad media o promedio de dos</b>     | S <sub>m</sub> = | 56.23   |
| <b>velocidad de flujo de la demanda de</b>   | V=               | 345.33  |
| <b>factor de ajuste de vehiculos pesados</b> | FHV,ATS F1:      | 0.96    |
|  | FHV,ATS F2:      | 0.94    |
|  | DATO FORMULA     | 0.00776 |

$$FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{v}{f_{HV,ATS}} \right)$$

**FFS1: 49.81 mi/h**

**FFS2: 49.90 mi/h**

**AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)**

|            |              |
|------------|--------------|
| <b>46%</b> | 0.46         |
| <b>54%</b> | 0.54         |
| <b>V1=</b> | 157.85 veh/h |
| <b>V2=</b> | 187.43 veh/h |



| Directional Demand Flow Rate, $v_{90}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades | Rolling Terrain |
|--|---------------------------------------|-----------------|
| ≤100   | 1.00                                  | 0.73            |
| 200  | 1.00                                  | 0.80            |
| 300  | 1.00                                  | 0.85            |
| 400  | 1.00                                  | 0.90            |
| 500  | 1.00                                  | 0.96            |
| 600  | 1.00                                  | 0.97            |
| 700  | 1.00                                  | 0.99            |
| 800  | 1.00                                  | 1.00            |
| ≥900   | 1.00                                  | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg. ATS direcc **1**  
fg. ATS direcc **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{90}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade | Rolling |
|---------------|--|------------------------------|---------|
| Trucks, $E_T$ | ≤100   | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200  | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300  | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400  | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500  | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600  | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700  | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800  | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900   | 1.0                          | 1.0     |
| $RVs, E_R$    | All  | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

X= 157.85  
POSICION  
X0= 100      Y0= 1.1  
X1= 200      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

X= 187.49  
POSICION  
X0= 100      Y0= 1.1  
X1= 200      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

ET direccion 1 **1.1**  
ET direccion 2 **1.1**  
ER direccion 1 **1.1**  
ER direccion 2 **1.1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.23  
PR 0.81

FHV,ATSF1: **0.91**  
FHV,ATSF2: **0.91**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{g,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

**redondeo**  
Y1,ATSF: 177.71 **178**  
Y2,ATSF: 211.08 **212**



ESTIMACION DEL ATS

| Opposing Demand Flow Rate,<br>$N_d$ (veh/s) | Percent No. Passing Crops |     |     |     |     |
|---|---------------------------|-----|-----|-----|-----|
|   | 50                        | 60  | 70  | 80  | 100 |
| FFS = 64 mph                                |                           |     |     |     |     |
| 100   | 1.1                       | 2.2 | 2.8 | 3.0 | 3.1 |
| 200   | 2.2                       | 3.3 | 3.9 | 4.0 | 4.2 |
| 400   | 1.6                       | 2.3 | 2.7 | 2.8 | 2.9 |
| 600   | 1.4                       | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.0 |
| 800   | 0.7                       | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 |
| 1,000                                       | 0.6                       | 0.6 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                       | 0.6                       | 0.6 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 1,400                                       | 0.6                       | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| 1,600                                       | 0.6                       | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| FFS = 60 mph                                |                           |     |     |     |     |
| 100   | 0.7                       | 1.7 | 2.3 | 2.8 | 2.9 |
| 200   | 1.9                       | 2.9 | 3.7 | 4.0 | 4.2 |
| 400   | 1.4                       | 2.0 | 2.5 | 2.7 | 2.9 |
| 600   | 1.1                       | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.0 |
| 800   | 0.6                       | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 |
| 1,000                                       | 0.6                       | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                       | 0.5                       | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400                                       | 0.5                       | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9 |
| 1,600                                       | 0.5                       | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| FFS = 55 mph                                |                           |     |     |     |     |
| 100   | 0.5                       | 1.2 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 200   | 1.5                       | 2.4 | 3.5 | 3.9 | 4.1 |
| 400   | 1.3                       | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 2.8 |
| 600   | 0.9                       | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.9 |
| 800   | 0.5                       | 0.7 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000                                       | 0.5                       | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                       | 0.5                       | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400                                       | 0.5                       | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.9 |
| 1,600                                       | 0.5                       | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| FFS = 50 mph                                |                           |     |     |     |     |
| 100   | 0.2                       | 0.7 | 1.9 | 2.4 | 2.5 |
| 200   | 1.2                       | 2.0 | 3.2 | 3.9 | 4.0 |
| 400   | 1.1                       | 1.6 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 600   | 0.6                       | 0.9 | 1.4 | 1.7 | 1.9 |
| 800   | 0.4                       | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.3 |
| 1,000                                       | 0.4                       | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                       | 0.4                       | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 1.0 |
| 1,400                                       | 0.4                       | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| 1,600                                       | 0.4                       | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| FFS = 45 mph                                |                           |     |     |     |     |
| 100   | 0.1                       | 0.4 | 1.7 | 2.2 | 2.4 |
| 200   | 0.9                       | 1.6 | 3.1 | 3.6 | 4.0 |
| 400   | 0.9                       | 0.5 | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600   | 0.4                       | 0.5 | 1.5 | 1.7 | 1.8 |
| 800   | 0.3                       | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000                                       | 0.3                       | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 1.1 |
| 1,200                                       | 0.3                       | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 1.0 |
| 1,400                                       | 0.3                       | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 1,600                                       | 0.3                       | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.6 |

Note: Interpolation of  $f_{d,ATS}$  for percent no-passing crops, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

X= 157.85  
POSICION  
X0= 100      Y0= 0.4  
X1= 200      Y1= 1.6  
Y= 1.034

X= 187.43  
POSICION  
X0= 100      Y0= 0.4  
X1= 200      Y1= 1.6  
Y= 1.450

**$f_{at,ATS}$  TRAMO 1 = 1.09**

**$f_{at,ATS}$  TRAMO 2 = 1.45**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{mp,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 43.93**

**ATSd Tramo 2 = 43.66**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 88.21%**

**PFFS 2 = 87.50%**



**NIVEL DE SERVICIO**

*Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*

| Nivel de Servicio (LOS) | Carreteras de clase I    |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|-------------------------|--------------------------|----------|--------------------|---------------------|
|                         | ATS (mi/hr // km/hr) (%) | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A                    | > 55 // > 90             | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B                    | > 50-55 // > 82-90       | > 35-50  | > 40-55            | > 83,3-91,7         |
| NS C                    | > 45-50 // > 74-82       | > 50-65  | > 55-70            | > 75,0-83,3         |
| NS D                    | > 40-45 // > 65-74       | > 65-80  | > 70-85            | 66,7-75,0           |
| NS F                    | ≤ 400 // ≤ 65            | > 80     | > 85               | ≤ 66,7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**MDS = B**

**MDS = B**

**CAPACIDAD**

$$C_{d\text{ ATS}} = 1,700 f_{g,ATS} f_{HV,ATS}$$

**C1d ATS = 1540.82 veh/hr**

**C2d ATS = 1540.82 veh/hr**

**CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA SIN IRI**

**DATOS**

|                                   |       |                         |
|-----------------------------------|-------|-------------------------|
| <b>VOLUMEN DE DEMANDA :</b>       | 369   | veh/h                   |
| <b>DIRECCION DIVIDIDA:</b>        | 40.57 | 59.43                   |
| <b>FHP:</b>                       | 0.98  | Factor Hora Punta (FHP) |
| <b>TIPO DE TERRENO:</b>           | PLANO |                         |
| <b>% CAMION:</b>                  | 22    | %                       |
| <b>% RVS:</b>                     | 81    | %                       |
| <b>ANCHO DE CARRIL:</b>           | 14.76 | ft                      |
| <b>BERMA UTILIZABLE:</b>          | 6.56  | ft                      |
| <b>Sfm:</b>                       | 57.17 | mi/h velocidad media    |
| <b>PUNTO DE ACCESO:</b>           | 0     | puntos/mi               |
| <b>ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:</b> | 0     | %                       |

**ESTIMACION DEL FFS (velocidad de flujo libre)**

|  |            |         |
|--|------------|---------|
| <b>velocidad media o promedio de dos</b>     | Sfm=       | 57.17   |
| <b>velocidad de flujo de la demanda de</b>   | V=         | 369.42  |
| <b>factor de ajuste de vehiculos pesados</b> | FHV,ATSf1: | 0.96    |
|  | FHV,ATSf2: | 0.94    |
| <b>DATO FORMULA</b>                          |            | 0.00776 |

$$FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{v}{f_{HV,ATS}} \right)$$

**FFS1: 49.81 mi/h**

**FFS2: 49.90 mi/h**

**AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)**

|            |              |
|------------|--------------|
| <b>41%</b> | 0.41         |
| <b>59%</b> | 0.59         |
| <b>V1=</b> | 149.86 veh/h |
| <b>V2=</b> | 219.55 veh/h |



| Directional Demand Flow Rate, $v_{dm}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades | Rolling Terrain |
|--|---------------------------------------|-----------------|
| ≤100   | 1.00                                  | 0.73            |
| 200  | 1.00                                  | 0.80            |
| 300  | 1.00                                  | 0.85            |
| 400  | 1.00                                  | 0.90            |
| 500  | 1.00                                  | 0.96            |
| 600  | 1.00                                  | 0.97            |
| 700  | 1.00                                  | 0.99            |
| 800  | 1.00                                  | 1.00            |
| ≥900   | 1.00                                  | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg, ATS direcc **1**

fg, ATS direcc **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{dm}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade | Rolling |
|---------------|--|------------------------------|---------|
| Trucks, $E_T$ | ≤100   | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200  | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300  | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400  | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500  | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600  | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700  | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800  | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900   | 1.0                          | 1.0     |
| RVs, $E_R$    | All  | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

X= 143.86  
POSICION  
X0= 100      Y0= 1.1  
X1= 200      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

X= 213.55  
POSICION  
X0= 100      Y0= 1.1  
X1= 200      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

ET direccion 1 **1.1**

ET direccion 2 **1.1**

ER direccion 1 **1.1**

ER direccion 2 **1.1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.22

PR 0.81

FHV,ATSF1: **0.91**

FHV,ATSF2: **0.91**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{g,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

**Y1,ATSF: 168.62      redondeo 169**  
**Y2,ATSF: 247.04      redondeo 248**



ESTIMACION DEL ATS

| Opposing Demand Flow Rate,<br>$v_d$ (veh/h) | Percent No-Passing Zone |     |     |     |     |
|---|-------------------------|-----|-----|-----|-----|
|   | 4.20                    | 40  | 60  | 80  | 100 |
| <b>FFS = 85 mi/h</b>                        |                         |     |     |     |     |
| 100   | 1.1                     | 2.2 | 2.8 | 3.0 | 3.1 |
| 200   | 2.2                     | 3.3 | 3.9 | 4.0 | 4.2 |
| 400   | 1.6                     | 2.3 | 2.7 | 2.8 | 2.9 |
| 600   | 1.4                     | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.0 |
| 800   | 0.7                     | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 |
| 1,000                                       | 0.6                     | 0.8 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                       | 0.6                     | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 1,400                                       | 0.6                     | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| 1,600                                       | 0.6                     | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| <b>FFS = 60 mi/h</b>                        |                         |     |     |     |     |
| 100   | 0.7                     | 1.7 | 2.3 | 2.8 | 2.9 |
| 200   | 1.9                     | 2.9 | 3.7 | 4.0 | 4.2 |
| 400   | 1.4                     | 2.0 | 2.5 | 2.7 | 2.9 |
| 600   | 1.1                     | 1.3 | 1.6 | 1.8 | 2.0 |
| 800   | 0.8                     | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 |
| 1,000                                       | 0.6                     | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                       | 0.5                     | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400                                       | 0.5                     | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9 |
| 1,600                                       | 0.5                     | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| <b>FFS = 50 mi/h</b>                        |                         |     |     |     |     |
| 100   | 0.5                     | 1.2 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 200   | 1.5                     | 2.4 | 3.5 | 3.9 | 4.1 |
| 400   | 1.3                     | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 2.8 |
| 600   | 0.9                     | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.9 |
| 800   | 0.5                     | 0.7 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000                                       | 0.5                     | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                       | 0.5                     | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400                                       | 0.5                     | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.9 |
| 1,600                                       | 0.5                     | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| <b>FFS = 40 mi/h</b>                        |                         |     |     |     |     |
| 100   | 0.2                     | 0.7 | 1.9 | 2.4 | 2.5 |
| 200   | 1.2                     | 2.0 | 3.3 | 3.9 | 4.0 |
| 400   | 1.1                     | 1.6 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 600   | 0.6                     | 0.9 | 1.4 | 1.7 | 1.9 |
| 800   | 0.4                     | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.3 |
| 1,000                                       | 0.4                     | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                       | 0.4                     | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 1.0 |
| 1,400                                       | 0.4                     | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| 1,600                                       | 0.4                     | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| <b>FFS = 35 mi/h</b>                        |                         |     |     |     |     |
| 100   | 0.1                     | 0.4 | 1.7 | 2.2 | 2.4 |
| 200   | 0.9                     | 1.6 | 3.1 | 3.8 | 4.0 |
| 400   | 0.9                     | 0.5 | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600   | 0.4                     | 0.3 | 1.3 | 1.7 | 1.8 |
| 800   | 0.3                     | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000                                       | 0.3                     | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 1.1 |
| 1,200                                       | 0.3                     | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 1.0 |
| 1,400                                       | 0.3                     | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 1,600                                       | 0.3                     | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.6 |

Note: Interpolation of  $f_{np,ATS}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

X= 149.86  
POSICION  
X0= 100      Y0= 0.4  
X1= 200      Y1= 1.6  
Y= 0.938

X= 219.55  
POSICION  
X0= 100      Y0= 0.4  
X1= 200      Y1= 1.6  
Y= 1.835

**fat,ATS TRAMO 1 = 1.00**  
**fat,ATS TRAMO 2 = 1.83**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 44.03**  
**ATSd Tramo 2 = 43.28**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 88.40%**  
**PFFS 2 = 86.73%**





**NIVEL DE SERVICIO**

*Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*

| Nivel de Servicio (LOS) | Carreteras de clase I |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|-------------------------|-----------------------|----------|--------------------|---------------------|
|                         | ATS (mi/hr // km/hr)  | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A                    | > 55 // > 90          | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B                    | > 50-55 // > 82-90    | > 35-50  | > 40-55            | > 83.3-91.7         |
| NS C                    | > 45-50 // > 74-82    | > 50-65  | > 55-70            | > 75.0-83.3         |
| NS D                    | > 40-45 // > 65-74    | > 65-80  | > 70-85            | 66.7-75.0           |
| NS F                    | ≤ 400 // ≤ 65         | > 80     | > 85               | ≤ 66.7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = B**  
**NDS = B**

**CAPACIDAD**

$$C_{d,ATS} = 1,700 f_{g,ATS} f_{HV,ATS}$$

**C1d ATS = 1541.71 veh/hr**  
**C2d ATS = 1541.71 veh/hr**

**CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA SIN IRI**

| DATOS                             |       |                         |
|-----------------------------------|-------|-------------------------|
| <b>VOLUMEN DE DEMANDA :</b>       | 365   | veh/h                   |
| <b>DIRECCION DIVIDIDA:</b>        | 43.69 | 56.31                   |
| <b>FHP:</b>                       | 0.98  | Factor Hora Punta (FHP) |
| <b>TIPO DE TERRENO:</b>           | PLANO |                         |
| <b>z CAMION:</b>                  | 25    | %                       |
| <b>z RYS:</b>                     | 78    | %                       |
| <b>ANCHO DE CARRIL:</b>           | 14.76 | ft                      |
| <b>BERMA UTILIZABLE:</b>          | 6.56  | ft                      |
| <b>Sfm:</b>                       | 56.86 | mi/h velocidad media    |
| <b>PUNTO DE ACCESO:</b>           | 0     | puntos/mi               |
| <b>ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:</b> | 0     | %                       |

**ESTIMACION DEL FFS (velocidad de flujo libre)**

**velocidad media o promedio de dos** Sfm= 56.86  
**velocidad de flujo de la demanda de** V= 364.67  
**factor de ajuste de vehiculos pesados** FHV,ATS F1: 0.96  
 FHV,ATS F2: 0.94  
 DATO FORMULA 0.00776

$$FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{v}{f_{HV,ATS}} \right)$$

**FFS1: 49.81 mi/h**  
**FFS2: 49.90 mi/h**

**AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)**

**44z** 0.44  
**56z** 0.56  
**V1=** 159.31 veh/h  
**V2=** 205.36 veh/h



| Directional Demand Flow Rate, $v_{95}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades | Rolling Terrain |
|--|---------------------------------------|-----------------|
| ≤100   | 1.00                                  | 0.73            |
| 200  | 1.00                                  | 0.80            |
| 300  | 1.00                                  | 0.85            |
| 400  | 1.00                                  | 0.90            |
| 500  | 1.00                                  | 0.96            |
| 600  | 1.00                                  | 0.97            |
| 700  | 1.00                                  | 0.99            |
| 800  | 1.00                                  | 1.00            |
| ≥900   | 1.00                                  | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg, ATS direcc **1**  
fg, ATS direcc **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{95}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade | Rolling |
|---------------|--|------------------------------|---------|
| Trucks, $E_T$ | ≤100   | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200  | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300  | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400  | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500  | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600  | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700  | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800  | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900   | 1.0                          | 1.0     |
| $RVs, E_R$    | All  | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

X= 159.31  
POSICION  
X0= 100      Y0= 1.1  
X1= 200      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

X= 205.36  
POSICION  
X0= 200      Y0= 1.1  
X1= 300      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

ET direccion 1 **1.1**  
ET direccion 2 **1.1**  
ER direccion 1 **1.1**  
ER direccion 2 **1.1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.25  
PR 0.78

FHV,ATSF1: **0.91**  
FHV,ATSF2: **0.91**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{S,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

**redondeo**  
Y1,ATSF: 179.26      **180**  
Y2,ATSF: 231.07      **232**



ESTIMACION DEL ATS

| Opening Demand Flow Rate,<br>$v_d$ (veh/h) | Percent No-Passing Zones |     |      |     |      |
|--|--------------------------|-----|------|-----|------|
|  | 0.25                     | 0.5 | 0.75 | 0.9 | 1.00 |
| <b>FFS = 85 mi/h</b>                       |                          |     |      |     |      |
| 100  | 1.1                      | 2.2 | 2.8  | 3.0 | 3.1  |
| 200  | 2.2                      | 3.3 | 3.9  | 4.0 | 4.2  |
| 400  | 1.6                      | 2.3 | 2.7  | 2.8 | 2.9  |
| 600  | 1.4                      | 1.5 | 1.7  | 1.9 | 2.0  |
| 800  | 0.7                      | 1.0 | 1.2  | 1.4 | 1.5  |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.8 | 1.1  | 1.1 | 1.2  |
| 1,200                                      | 0.6                      | 0.8 | 0.9  | 1.0 | 1.1  |
| 1,400                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9  | 0.9 | 0.9  |
| 1,600                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.7  | 0.7 | 0.8  |
| <b>FFS = 60 mi/h</b>                       |                          |     |      |     |      |
| 100  | 0.7                      | 1.7 | 2.5  | 2.8 | 2.9  |
| 200  | 1.9                      | 2.9 | 3.7  | 4.0 | 4.2  |
| 400  | 1.4                      | 2.0 | 2.5  | 2.7 | 2.9  |
| 600  | 1.1                      | 1.3 | 1.6  | 1.9 | 2.0  |
| 800  | 0.6                      | 0.9 | 1.1  | 1.3 | 1.4  |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9  | 1.1 | 1.2  |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.7 | 0.9  | 0.9 | 1.1  |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8  | 0.8 | 0.9  |
| 1,600                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7  | 0.7 | 0.7  |
| <b>FFS = 50 mi/h</b>                       |                          |     |      |     |      |
| 100  | 0.5                      | 1.1 | 2.2  | 2.6 | 2.7  |
| 200  | 1.5                      | 2.4 | 3.5  | 3.9 | 4.1  |
| 400  | 1.2                      | 1.9 | 2.4  | 2.7 | 2.8  |
| 600  | 0.9                      | 1.1 | 1.6  | 1.8 | 1.9  |
| 800  | 0.5                      | 0.7 | 1.1  | 1.2 | 1.4  |
| 1,000                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8  | 0.9 | 1.1  |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7  | 0.9 | 1.0  |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7  | 0.7 | 0.9  |
| 1,600                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.6  | 0.6 | 0.7  |
| <b>FFS = 40 mi/h</b>                       |                          |     |      |     |      |
| 100  | 0.2                      | 0.7 | 1.9  | 2.4 | 2.5  |
| 200  | 1.2                      | 2.0 | 3.2  | 3.9 | 4.0  |
| 400  | 1.1                      | 1.6 | 2.2  | 2.6 | 2.7  |
| 600  | 0.6                      | 0.9 | 1.4  | 1.7 | 1.9  |
| 800  | 0.4                      | 0.6 | 0.9  | 1.2 | 1.3  |
| 1,000                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7  | 0.9 | 1.1  |
| 1,200                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7  | 0.8 | 1.0  |
| 1,400                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.6  | 0.7 | 0.8  |
| 1,600                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.5  | 0.5 | 0.5  |
| <b>FFS = 30 mi/h</b>                       |                          |     |      |     |      |
| 100  | 0.1                      | 0.4 | 1.7  | 2.2 | 2.4  |
| 200  | 0.9                      | 1.6 | 3.1  | 3.8 | 4.0  |
| 400  | 0.9                      | 0.5 | 2.0  | 2.5 | 2.7  |
| 600  | 0.4                      | 0.3 | 1.3  | 1.7 | 1.8  |
| 800  | 0.3                      | 0.3 | 0.8  | 1.1 | 1.2  |
| 1,000                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6  | 0.8 | 1.1  |
| 1,200                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6  | 0.7 | 1.0  |
| 1,400                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6  | 0.6 | 0.7  |
| 1,600                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.4  | 0.4 | 0.6  |

Note: Interpolation of  $k_{up}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

X= 159.31  
POSICION  
X0= 100      Y0= 0.4  
X1= 200      Y1= 1.6  
Y= 1.112

X= 205.36  
POSICION  
X0= 200      Y0= 1.6  
X1= 400      Y1= 0.5  
Y= 1.571

**fat,ATS TRAMO 1 = 1.11**

**fat,ATS TRAMO 2 = 1.57**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{mp,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 43.91**

**ATSd Tramo 2 = 43.54**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 88.17%**

**PFFS 2 = 87.26%**



**NIVEL DE SERVICIO**

*Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*

| Nivel de Servicio (LOS) | Carreteras de clase I    |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|-------------------------|--------------------------|----------|--------------------|---------------------|
|                         | ATS (mi/hr // km/hr) (%) | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A                    | > 55 // > 90             | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B                    | > 50-55 // > 82-90       | > 35-50  | > 40-55            | > 83.3-91.7         |
| NS C                    | > 45-50 // > 74-82       | > 50-65  | > 55-70            | > 75.0-83.3         |
| NS D                    | > 40-45 // > 65-74       | > 65-80  | > 70-85            | 66.7-75.0           |
| NS F                    | ≤ 40 // ≤ 65             | > 80     | > 85               | ≤ 66.7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = B**

**NDS = B**

**CAPACIDAD**

$$C_{d,ATS} = 1,700 f_{g,ATS} f_{HV,ATS}$$

**C1d ATS = 1541.68 veh/hr**

**C2d ATS = 1541.68 veh/hr**

**CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA SIN IRI**

**DATOS**

|                                   |       |                         |
|-----------------------------------|-------|-------------------------|
| <b>VOLUMEN DE DEMANDA :</b>       | 360   | veh/h                   |
| <b>DIRECCION DIVIDIDA:</b>        | 47.07 | 52.93                   |
| <b>FHP:</b>                       | 0.98  | Factor Hora Punta (FHP) |
| <b>TIPO DE TERRENO:</b>           | PLANO |                         |
| <b>% CAMION:</b>                  | 23    | %                       |
| <b>% RYS:</b>                     | 79    | %                       |
| <b>ANCHO DE CARRIL:</b>           | 14.76 | ft                      |
| <b>BERMA UTILIZABLE:</b>          | 6.56  | ft                      |
| <b>Sfm:</b>                       | 50.64 | mi/h velocidad media    |
| <b>PUNTO DE ACCESO:</b>           | 0     | puntos/mi               |
| <b>ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:</b> | 0     | %                       |

**ESTIMACION DEL FFS (velocidad de flujo libre)**

|  |                  |         |
|--|------------------|---------|
| <b>velocidad media o promedio de dos</b>     | S <sub>m</sub> = | 50.64   |
| <b>velocidad de flujo de la demanda de</b>   | V=               | 360.17  |
| <b>factor de ajuste de vehiculos pesados</b> | FHV,ATS F1:      | 0.96    |
|  | FHV,ATS F2:      | 0.94    |
|  | DATO FORMULA     | 0.00776 |

$$FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{v}{f_{HV,ATS}} \right)$$

**FFS1: 49.81 mi/h**

**FFS2: 49.90 mi/h**

**AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)**

|            |              |
|------------|--------------|
| <b>47%</b> | 0.47         |
| <b>53%</b> | 0.53         |
| <b>V1=</b> | 163.54 veh/h |
| <b>V2=</b> | 190.63 veh/h |



| Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades |  | Rolling Terrain |
|---|---------------------------------------|--|-----------------|
|   |                                       |  |                 |
| ≤100  | 1.00                                  |  | 0.73            |
| 200   | 1.00                                  |  | 0.80            |
| 300   | 1.00                                  |  | 0.85            |
| 400   | 1.00                                  |  | 0.90            |
| 500   | 1.00                                  |  | 0.96            |
| 600   | 1.00                                  |  | 0.97            |
| 700   | 1.00                                  |  | 0.99            |
| 800   | 1.00                                  |  | 1.00            |
| ≥900  | 1.00                                  |  | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg, ATS direcc **1**

fg, ATS direcc **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade |         |
|---------------|---|------------------------------|---------|
|               |   | Downgrade                    | Rolling |
| Trucks, $E_T$ | ≤100  | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200   | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300   | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400   | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500   | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600   | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700   | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800   | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900  | 1.0                          | 1.0     |
| $RVs, E_R$    | All   | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

X= 169.54  
POSICION  
X0= 100      Y0= 1.1  
X1= 200      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

X= 190.63  
POSICION  
X0= 100      Y0= 1.1  
X1= 200      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

ET direccion 1 **1.1**

ET direccion 2 **1.1**

ER direccion 1 **1.1**

ER direccion 2 **1.1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.23

PR 0.79

FHV,ATSF1: **0.31**

FHV,ATSF2: **0.31**

#### DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{g,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

redondeo

Y1,ATSF: 190.59 **191**

Y2,ATSF: 214.31 **215**



ESTIMACION DEL ATS

| Operating Demand Flow Rate,<br>$v_{d,ATS}$ (veh/h) | Percent No. Passing Zone |     |     |     |      |
|--|--------------------------|-----|-----|-----|------|
|  | 0.20                     | 0.5 | 0.8 | 0.9 | 1.00 |
| FFS = 65 mi/h                                      |                          |     |     |     |      |
| 100  | 1.1                      | 2.2 | 2.8 | 3.0 | 3.1  |
| 200  | 2.2                      | 3.3 | 3.9 | 4.0 | 4.2  |
| 400  | 1.6                      | 2.3 | 2.7 | 2.8 | 2.9  |
| 600  | 1.4                      | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.0  |
| 800  | 0.7                      | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5  |
| 1,000  | 0.6                      | 0.8 | 1.1 | 1.1 | 1.2  |
| 1,200  | 0.6                      | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1  |
| 1,400  | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9  |
| 1,600  | 0.6                      | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8  |
| FFS = 60 mi/h                                      |                          |     |     |     |      |
| 100  | 0.7                      | 1.7 | 2.3 | 2.6 | 2.9  |
| 200  | 1.9                      | 2.9 | 3.7 | 4.0 | 4.2  |
| 400  | 1.4                      | 2.0 | 2.3 | 2.7 | 2.9  |
| 600  | 1.1                      | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.0  |
| 800  | 0.6                      | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4  |
| 1,000  | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2  |
| 1,200  | 0.5                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 1.1  |
| 1,400  | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9  |
| 1,600  | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7  |
| FFS = 55 mi/h                                      |                          |     |     |     |      |
| 100  | 0.5                      | 1.2 | 2.2 | 2.6 | 2.7  |
| 200  | 1.5                      | 2.4 | 3.5 | 3.9 | 4.1  |
| 400  | 1.3                      | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 2.8  |
| 600  | 0.9                      | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.9  |
| 800  | 0.5                      | 0.7 | 1.1 | 1.2 | 1.4  |
| 1,000  | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1  |
| 1,200  | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.0  |
| 1,400  | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.9  |
| 1,600  | 0.5                      | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7  |
| FFS = 50 mi/h                                      |                          |     |     |     |      |
| 100  | 0.2                      | 0.7 | 1.6 | 2.4 | 2.5  |
| 200  | 1.2                      | 2.0 | 3.2 | 3.9 | 4.0  |
| 400  | 1.1                      | 1.6 | 2.2 | 2.6 | 2.7  |
| 600  | 0.6                      | 0.9 | 1.4 | 1.7 | 1.9  |
| 800  | 0.4                      | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.3  |
| 1,000  | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.1  |
| 1,200  | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 1.0  |
| 1,400  | 0.4                      | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8  |
| 1,600  | 0.4                      | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5  |
| FFS = 45 mi/h                                      |                          |     |     |     |      |
| 100  | 0.1                      | 0.4 | 1.7 | 2.2 | 2.4  |
| 200  | 0.9                      | 1.6 | 3.1 | 3.6 | 4.0  |
| 400  | 0.9                      | 0.5 | 2.0 | 2.5 | 2.7  |
| 600  | 0.4                      | 0.3 | 1.3 | 1.7 | 1.8  |
| 800  | 0.3                      | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.2  |
| 1,000  | 0.2                      | 0.2 | 0.6 | 0.8 | 1.1  |
| 1,200  | 0.2                      | 0.2 | 0.6 | 0.7 | 1.0  |
| 1,400  | 0.2                      | 0.2 | 0.6 | 0.6 | 0.7  |
| 1,600  | 0.2                      | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0.6  |

Note: Interpolation of  $f_{p,ATS}$  for percent no. passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

X= 169.54  
POSICION  
X0= 100  
X1= 200  
Y= 1.234

Y0= 0.4  
Y1= 1.6

X= 190.63  
POSICION  
X0= 100  
X1= 200  
Y= 1.488

**f<sub>at,ATS TRAMO 1</sub> = 1.23**  
**f<sub>at,ATS TRAMO 2</sub> = 1.49**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{mp,ATS}$$

**ATS<sub>d</sub> Tramo 1 = 43.79**  
**ATS<sub>d</sub> Tramo 2 = 43.63**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 87.92%**  
**PFFS 2 = 87.42%**



**NIVEL DE SERVICIO**

*Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*

| Nivel de Servicio (LOS) | Carreteras de clase I    |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|-------------------------|--------------------------|----------|--------------------|---------------------|
|                         | ATS (mi/hr // km/hr) (%) | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A                    | > 55 // > 90             | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B                    | > 50-55 // > 82-90       | > 35-50  | > 40-55            | > 83,3-91,7         |
| NS C                    | > 45-50 // > 74-82       | > 50-65  | > 55-70            | > 75,0-83,3         |
| NS D                    | > 40-45 // > 65-74       | > 65-80  | > 70-85            | 66,7-75,0           |
| NS F                    | ≤ 40 // ≤ 65             | > 80     | > 85               | ≤ 66,7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = B**  
**NDS = B**

**CAPACIDAD**

$$C_{d\,ATS} = 1,700 f_{g,ATS} f_{HV,ATS}$$

**C1d ATS = 1543.04 veh/hr**  
**C2d ATS = 1543.04 veh/hr**

**CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA SIN IRI**

| DATOS                             |       |                         |
|-----------------------------------|-------|-------------------------|
| <b>VOLUMEN DE DEMANDA :</b>       | 369   | veh/h                   |
| <b>DIRECCION DIVIDIDA:</b>        | 48.66 | 51.34                   |
| <b>FHP:</b>                       | 0.98  | Factor Hora Punta (FHP) |
| <b>TIPO DE TERRENO:</b>           | PLANO |                         |
| <b>% CAMION:</b>                  | 22    | %                       |
| <b>% RYS:</b>                     | 80    | %                       |
| <b>ANCHO DE CARRIL:</b>           | 14.76 | ft                      |
| <b>BERMA UTILIZABLE:</b>          | 6.56  | ft                      |
| <b>Sfm:</b>                       | 49.09 | mi/h velocidad media    |
| <b>PUNTO DE ACCESO:</b>           | 0     | puntos/mi               |
| <b>ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:</b> | 0     | %                       |

---

**ESTIMACION DEL FFS (velocidad de flujo libre)**

**velocidad media o promedio de dos** Sfm= 49.09  
**velocidad de flujo de la demanda de** V= 369.08  
**factor de ajuste de vehiculos pesados** FHV,ATS F1: 0.96  
 FHV,ATS F2: 0.94  
 DATO FORMULA 0.00776

$$FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{V}{f_{HV,ATS}} \right)$$

**FFS1: 49.81 mi/h**  
**FFS2: 49.30 mi/h**

**AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)**

**49%** 0.49  
**51%** 0.51  
**V1=** 179.60 veh/h  
**V2=** 189.48 veh/h



| Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades |                 |
|---|---------------------------------------|-----------------|
|   | Level Terrain and Specific Downgrades | Rolling Terrain |
| ≤100  | 1.00                                  | 0.73            |
| 200   | 1.00                                  | 0.80            |
| 300   | 1.00                                  | 0.85            |
| 400   | 1.00                                  | 0.90            |
| 500   | 1.00                                  | 0.96            |
| 600   | 1.00                                  | 0.97            |
| 700   | 1.00                                  | 0.99            |
| 800   | 1.00                                  | 1.00            |
| ≥900  | 1.00                                  | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg, ATS direcc **1**  
fg, ATS direcc **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade |         |
|---------------|---|------------------------------|---------|
|               |   | Downgrade                    | Rolling |
| Trucks, $E_T$ | ≤100  | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200   | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300   | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400   | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500   | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600   | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700   | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800   | 1.0                          | 1.0     |
| ≥900          | 1.0   | 1.0                          |         |
| RVs, $E_R$    | All   | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

|                 |        |     |                 |        |     |     |     |
|-----------------|--------|-----|-----------------|--------|-----|-----|-----|
| X=              | 179.60 |     | X=              | 189.48 |     |     |     |
| POSICION        |        |     | POSICION        |        |     |     |     |
| X0=             | 100    | Y0= | 1.1             | X0=    | 100 | Y0= | 1.1 |
| X1=             | 200    | Y1= | 1.1             | X1=    | 200 | Y1= | 1.1 |
| interpolando Y= | 1.100  |     | interpolando Y= | 1.100  |     |     |     |

ET direccion 1 **1.1**  
ET direccion 2 **1.1**  
ER direccion 1 **1.1**  
ER direccion 2 **1.1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.22  
PR 0.80  
FHV,ATSf1: **0.91**  
FHV,ATSf2: **0.91**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{s,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

**V1,ATSf: 201.33** **redondeo 202**  
**V2,ATSf: 213.03** **redondeo 214**





ESTIMACION DEL ATS

| Opening Demand Flow Rate,<br>$v_d$ (veh/h) | Percent No. Passing Zones |     |      |     |      |
|--|---------------------------|-----|------|-----|------|
|  | 0.25                      | 0.5 | 0.75 | 1.0 | 1.25 |
| FFS = 45 mph                               |                           |     |      |     |      |
| 100  | 1.1                       | 2.2 | 2.8  | 3.0 | 3.1  |
| 200  | 2.2                       | 3.3 | 3.9  | 4.0 | 4.2  |
| 400  | 1.0                       | 2.3 | 2.7  | 2.8 | 2.9  |
| 600  | 1.4                       | 1.5 | 1.7  | 1.9 | 2.0  |
| 800  | 0.7                       | 1.0 | 1.2  | 1.4 | 1.5  |
| 1,000                                      | 0.6                       | 0.8 | 1.1  | 1.1 | 1.2  |
| 1,200                                      | 0.6                       | 0.8 | 0.9  | 1.0 | 1.1  |
| 1,400                                      | 0.6                       | 0.7 | 0.9  | 0.9 | 0.9  |
| 15,000                                     | 0.6                       | 0.7 | 0.7  | 0.7 | 0.8  |
| FFS = 60 mph                               |                           |     |      |     |      |
| 100  | 0.7                       | 1.7 | 2.3  | 2.8 | 2.9  |
| 200  | 1.9                       | 2.9 | 3.7  | 4.0 | 4.2  |
| 400  | 1.4                       | 2.0 | 2.5  | 2.7 | 2.9  |
| 600  | 1.1                       | 1.3 | 1.6  | 1.9 | 2.0  |
| 800  | 0.6                       | 0.9 | 1.1  | 1.3 | 1.4  |
| 1,000                                      | 0.6                       | 0.7 | 0.9  | 1.1 | 1.2  |
| 1,200                                      | 0.5                       | 0.7 | 0.9  | 0.9 | 1.1  |
| 1,400                                      | 0.5                       | 0.6 | 0.8  | 0.8 | 0.9  |
| 15,000                                     | 0.5                       | 0.6 | 0.7  | 0.7 | 0.7  |
| FFS = 65 mph                               |                           |     |      |     |      |
| 100  | 0.5                       | 1.2 | 2.2  | 2.6 | 2.7  |
| 200  | 1.5                       | 2.4 | 3.5  | 3.9 | 4.1  |
| 400  | 1.3                       | 1.9 | 2.4  | 2.7 | 2.8  |
| 600  | 0.9                       | 1.1 | 1.6  | 1.8 | 1.9  |
| 800  | 0.5                       | 0.7 | 1.1  | 1.2 | 1.4  |
| 1,000                                      | 0.5                       | 0.6 | 0.8  | 0.9 | 1.1  |
| 1,200                                      | 0.5                       | 0.6 | 0.7  | 0.9 | 1.0  |
| 1,400                                      | 0.5                       | 0.6 | 0.7  | 0.7 | 0.9  |
| 15,000                                     | 0.5                       | 0.6 | 0.6  | 0.6 | 0.7  |
| FFS = 80 mph                               |                           |     |      |     |      |
| 100  | 0.2                       | 0.7 | 1.9  | 2.4 | 2.5  |
| 200  | 1.2                       | 2.0 | 3.3  | 3.9 | 4.0  |
| 400  | 1.1                       | 1.6 | 2.2  | 2.6 | 2.7  |
| 600  | 0.6                       | 0.9 | 1.4  | 1.7 | 1.9  |
| 800  | 0.4                       | 0.6 | 0.9  | 1.2 | 1.3  |
| 1,000                                      | 0.4                       | 0.4 | 0.7  | 0.9 | 1.1  |
| 1,200                                      | 0.4                       | 0.4 | 0.7  | 0.8 | 1.0  |
| 1,400                                      | 0.4                       | 0.4 | 0.6  | 0.7 | 0.8  |
| 15,000                                     | 0.4                       | 0.4 | 0.5  | 0.5 | 0.5  |
| FFS = 45 mph                               |                           |     |      |     |      |
| 100  | 0.1                       | 0.4 | 1.7  | 2.2 | 2.4  |
| 200  | 0.9                       | 1.0 | 3.1  | 3.8 | 4.0  |
| 400  | 0.9                       | 0.5 | 2.0  | 2.5 | 2.7  |
| 600  | 0.4                       | 0.3 | 1.3  | 1.7 | 1.8  |
| 800  | 0.3                       | 0.3 | 0.8  | 1.1 | 1.2  |
| 1,000                                      | 0.3                       | 0.3 | 0.6  | 0.8 | 1.1  |
| 1,200                                      | 0.3                       | 0.3 | 0.6  | 0.7 | 1.0  |
| 1,400                                      | 0.3                       | 0.3 | 0.6  | 0.6 | 0.7  |
| 15,000                                     | 0.3                       | 0.3 | 0.4  | 0.4 | 0.6  |

Note: Interpolation of  $f_{np,ATS}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

X= 179.60  
POSICION  
X0= 100      Y0= 0.4  
X1= 200      Y1= 1.6  
Y= 1.355

X= 189.48  
POSICION  
X0= 100      Y0= 0.4  
X1= 200      Y1= 1.6  
Y= 1.474

**f<sub>nt,ATS</sub> TRAMO 1 = 1.36**  
**f<sub>nt,ATS</sub> TRAMO 2 = 1.47**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 43.67**  
**ATSd Tramo 2 = 43.64**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 87.68%**  
**PFFS 2 = 87.45%**



ESTIMACION DEL ATS

| Opposing Demand Flow Rate,<br>$v_d$ (pc/h) | Percent No. Passing Zones |     |     |     |      |
|--|---------------------------|-----|-----|-----|------|
|  | 0.20                      | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.00 |
| FFS = 45 mi/h                              |                           |     |     |     |      |
| <100                                       | 1.1                       | 2.2 | 2.8 | 3.0 | 3.1  |
| 100  | 2.2                       | 3.3 | 3.9 | 4.0 | 4.2  |
| 400  | 1.6                       | 2.3 | 2.7 | 2.8 | 2.9  |
| 800  | 1.4                       | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.0  |
| 800  | 0.7                       | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5  |
| 1,000                                      | 0.6                       | 0.8 | 1.1 | 1.1 | 1.2  |
| 1,200                                      | 0.6                       | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1  |
| 1,400                                      | 0.6                       | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9  |
| 1,600                                      | 0.6                       | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8  |
| FFS = 60 mi/h                              |                           |     |     |     |      |
| <100                                       | 0.7                       | 1.7 | 2.3 | 2.8 | 2.9  |
| 100  | 1.6                       | 2.9 | 3.7 | 4.0 | 4.2  |
| 400  | 1.4                       | 2.0 | 2.3 | 2.7 | 2.9  |
| 800  | 1.1                       | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.0  |
| 800  | 0.6                       | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4  |
| 1,000                                      | 0.6                       | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2  |
| 1,200                                      | 0.5                       | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 1.1  |
| 1,400                                      | 0.5                       | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9  |
| 1,600                                      | 0.5                       | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7  |
| FFS = 65 mi/h                              |                           |     |     |     |      |
| <100                                       | 0.5                       | 1.2 | 2.2 | 2.6 | 2.7  |
| 100  | 1.5                       | 2.4 | 3.5 | 3.9 | 4.1  |
| 400  | 1.3                       | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 2.8  |
| 800  | 0.9                       | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.9  |
| 800  | 0.5                       | 0.7 | 1.1 | 1.2 | 1.4  |
| 1,000                                      | 0.5                       | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1  |
| 1,200                                      | 0.5                       | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.0  |
| 1,400                                      | 0.5                       | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.9  |
| 1,600                                      | 0.5                       | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7  |
| FFS = 70 mi/h                              |                           |     |     |     |      |
| <100                                       | 0.2                       | 0.7 | 1.9 | 2.4 | 2.5  |
| 100  | 1.2                       | 2.0 | 3.3 | 3.9 | 4.0  |
| 400  | 1.1                       | 1.6 | 2.2 | 2.6 | 2.7  |
| 800  | 0.8                       | 0.9 | 1.4 | 1.7 | 1.9  |
| 800  | 0.4                       | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.3  |
| 1,000                                      | 0.4                       | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.1  |
| 1,200                                      | 0.4                       | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 1.0  |
| 1,400                                      | 0.4                       | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8  |
| 1,600                                      | 0.4                       | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5  |
| FFS = 75 mi/h                              |                           |     |     |     |      |
| <100                                       | 0.1                       | 0.4 | 1.7 | 2.2 | 2.4  |
| 100  | 0.9                       | 1.6 | 3.1 | 3.6 | 4.0  |
| 400  | 0.9                       | 0.9 | 2.0 | 2.5 | 2.7  |
| 800  | 0.4                       | 0.5 | 1.3 | 1.7 | 1.8  |
| 800  | 0.3                       | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.2  |
| 1,000                                      | 0.3                       | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 1.1  |
| 1,200                                      | 0.3                       | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 1.0  |
| 1,400                                      | 0.3                       | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.7  |
| 1,600                                      | 0.3                       | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.6  |

Note: Interpolation of  $f_{np,ATS}$  for percent no. passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

X= 179.60  
POSICION  
X0= 100 Y0= 0.4  
X1= 200 Y1= 1.6  
Y= 1.355

X= 183.48  
POSICION  
X0= 100 Y0= 0.4  
X1= 200 Y1= 1.6  
Y= 1.474

**fat,ATS TRAMO 1 = 1.36**  
**fat,ATS TRAMO 2 = 1.47**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 43.67**  
**ATSd Tramo 2 = 43.64**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 87.68%**  
**PFFS 2 = 87.45%**



**NIVEL DE SERVICIO**

*Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*

| Nivel de Servicio (LOS) | Carreteras de clase I    |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|-------------------------|--------------------------|----------|--------------------|---------------------|
|                         | ATS (mi/hr // km/hr) (%) | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A                    | > 55 // > 90             | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B                    | > 50-55 // > 82-90       | > 35-50  | > 40-55            | > 83,3-91,7         |
| NS C                    | > 45-50 // > 74-82       | > 50-65  | > 55-70            | > 75,0-83,3         |
| NS D                    | > 40-45 // > 65-74       | > 65-80  | > 70-85            | 66,7-75,0           |
| NS F                    | ≤ 40 // ≤ 65             | > 80     | > 85               | ≤ 66,7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = B**

**NDS = B**

**CAPACIDAD**

$$C_{d\text{ ATS}} = 1,700 f_{g,ATS} f_{HV,ATS}$$

**C1d ATS = 1542.91 veh/hr**

**C2d ATS = 1542.91 veh/hr**

**CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA SIN IRI**

**DATOS**

|                                   |       |                         |
|-----------------------------------|-------|-------------------------|
| <b>VOLUMEN DE DEMANDA :</b>       | 501   | veh/h                   |
| <b>DIRECCION DIVIDIDA:</b>        | 69.70 | 30.30                   |
| <b>FHP:</b>                       | 0.98  | Factor Hora Punta (FHP) |
| <b>TIPO DE TERRENO:</b>           | PLANO |                         |
| <b>% CAMION:</b>                  | 12    | %                       |
| <b>% RVS:</b>                     | 89    | %                       |
| <b>ANCHO DE CARRIL:</b>           | 14.76 | ft                      |
| <b>BERMA UTILIZABLE:</b>          | 6.56  | ft                      |
| <b>S<sub>fm</sub>:</b>            | 43.50 | mi/h velocidad media    |
| <b>PUNTO DE ACCESO:</b>           | 0     | puntos/mi               |
| <b>ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:</b> | 0     | %                       |

**ESTIMACION DEL FFS (velocidad de flujo libre)**

**velocidad media o promedio de dos** S<sub>fm</sub>= 43.50  
**velocidad de flujo de la demanda de** V= 501.42  
**factor de ajuste de vehiculos pesados** FHV,ATS1: 0.96  
 FHV,ATS2: 0.94  
 DATO FORMULA 0.00776

$$FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{v}{f_{HV,ATS}} \right)$$

**FFS1: 49.81 mi/h**

**FFS2: 49.90 mi/h**

**AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)**

**Y0:** 0.70  
**Y1:** 0.30  
**Y1:** 349.51 veh/h  
**Y2:** 151.91 veh/h



| Directional Demand Flow Rate, $v_{90}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades | Rolling Terrain |
|--|---------------------------------------|-----------------|
| ≤100   | 1.00                                  | 0.73            |
| 200  | 1.00                                  | 0.80            |
| 300  | 1.00                                  | 0.85            |
| 400  | 1.00                                  | 0.90            |
| 500  | 1.00                                  | 0.96            |
| 600  | 1.00                                  | 0.97            |
| 700  | 1.00                                  | 0.99            |
| 800  | 1.00                                  | 1.00            |
| ≥900   | 1.00                                  | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg, ATS direcc **1**

fg, ATS direcc **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{90}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade | Rolling |
|---------------|--|------------------------------|---------|
| Trucks, $E_T$ | ≤100   | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200  | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300  | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400  | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500  | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600  | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700  | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800  | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900   | 1.0                          | 1.0     |
| $RVs, E_R$    | All  | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

X= 349.51  
POSICION  
X0= 300      Y0= 1.1  
X1= 400      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

X= 151.91  
POSICION  
X0= 100      Y0= 1.1  
X1= 200      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

ET direccion 1 **1.1**  
ET direccion 2 **1.1**  
ER direccion 1 **1.1**  
ER direccion 2 **1.1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.12  
PR 0.89

FHY,ATSF1: **0.91**  
FHY,ATSF2: **0.91**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{s,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

**redondeo**  
V1,ATSF: 392.57 **393**  
V2,ATSF: 170.63 **171**



ESTIMACION DEL ATS

| Opposing Demand Flow Rate,<br>$v_d$ (pc/h) | Percent No. Passing Zones |     |     |     |     |
|--|---------------------------|-----|-----|-----|-----|
|  | 50                        | 60  | 70  | 80  | 100 |
| FFS $\geq 65$ mph                          |                           |     |     |     |     |
| 100  | 1.1                       | 2.2 | 2.8 | 3.0 | 3.1 |
| 200  | 2.2                       | 3.3 | 3.9 | 4.0 | 4.2 |
| 400  | 1.6                       | 2.3 | 2.7 | 2.8 | 2.9 |
| 600  | 1.4                       | 1.9 | 1.7 | 1.9 | 2.0 |
| 800  | 0.7                       | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 |
| 1,000                                      | 0.6                       | 0.8 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                      | 0.6                       | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 1,400                                      | 0.6                       | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| 1,600                                      | 0.6                       | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| FFS = 60 mph                               |                           |     |     |     |     |
| 100  | 0.7                       | 1.7 | 2.3 | 2.8 | 2.9 |
| 200  | 1.6                       | 2.9 | 3.7 | 4.0 | 4.2 |
| 400  | 1.4                       | 2.0 | 2.5 | 2.7 | 2.9 |
| 600  | 1.1                       | 1.3 | 1.8 | 1.9 | 2.0 |
| 800  | 0.6                       | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 |
| 1,000                                      | 0.6                       | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                      | 0.5                       | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400                                      | 0.5                       | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9 |
| 1,600                                      | 0.5                       | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| FFS = 55 mph                               |                           |     |     |     |     |
| 100  | 0.5                       | 1.2 | 2.2 | 2.8 | 2.7 |
| 200  | 1.3                       | 2.4 | 3.3 | 3.9 | 4.1 |
| 400  | 1.2                       | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 2.8 |
| 600  | 0.9                       | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.9 |
| 800  | 0.5                       | 0.7 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000                                      | 0.5                       | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.5                       | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.5                       | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.9 |
| 1,600                                      | 0.5                       | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| FFS = 50 mph                               |                           |     |     |     |     |
| 100  | 0.2                       | 0.7 | 1.0 | 1.4 | 1.5 |
| 200  | 1.2                       | 2.0 | 3.3 | 3.9 | 4.0 |
| 400  | 1.1                       | 1.6 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 600  | 0.6                       | 0.9 | 1.4 | 1.7 | 1.9 |
| 800  | 0.4                       | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.3 |
| 1,000                                      | 0.4                       | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.4                       | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.4                       | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| 1,600                                      | 0.4                       | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| FFS $\leq 45$ mph                          |                           |     |     |     |     |
| 100  | 0.1                       | 0.4 | 1.7 | 2.2 | 2.4 |
| 200  | 0.9                       | 1.6 | 3.1 | 3.8 | 4.0 |
| 400  | 0.9                       | 0.9 | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600  | 0.4                       | 0.5 | 1.3 | 1.7 | 1.8 |
| 800  | 0.3                       | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000                                      | 0.3                       | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.3                       | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.3                       | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 1,600                                      | 0.3                       | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.5 |

Note: Interpolation of  $f_{d,ATS}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

X= 349.51  
 POSICION  
 X0= 200      Y0= 1.6  
 X1= 400      Y1= 0.5  
 Y= 0.778

X= 151.9  
 POSICION  
 X0= 100      Y0= 0.4  
 X1= 200      Y1= 1.6  
 Y= 1.023

**$f_{nt,ATS}$  TRAMO 1 = 0.78**  
 **$f_{nt,ATS}$  TRAMO 2 = 1.02**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 44.25**  
**ATSd Tramo 2 = 44.09**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 88.84%**  
**PFFS 2 = 88.36%**



NIVEL DE SERVICIO

*Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*

| Nivel de Servicio (LOS) | Carreteras de clase I       |         | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|-------------------------|-----------------------------|---------|--------------------|---------------------|
|                         | ATS (mi/hr // km/hr)<br>(%) | PTSF    | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A                    | > 55 // > 90                | ≤ 35    | ≤ 40               | > 91,7              |
| NS B                    | > 50-55 // > 82-90          | > 35-50 | > 40-55            | > 83,3-91,7         |
| NS C                    | > 45-50 // > 74-82          | > 50-65 | > 55-70            | > 75,0-83,3         |
| NS D                    | > 40-45 // > 65-74          | > 65-80 | > 70-85            | 66,7-75,0           |
| NS F                    | ≤ 40 // ≤ 65                | > 80    | > 85               | ≤ 66,7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

NDS = **B**

NDS = **B**

CAPACIDAD

$$C_{d,ATS} = 1,700 f_{g,ATS} f_{HV,ATS}$$

C1d ATS = **1544.41** veh/hr

C2d ATS = **1544.41** veh/hr



## CALCULO NIVEL DE SERVICIO CON IRI MEDIANTE VELOCIDAD EN MAYORES TASAS DE FLUJO

### CALCULO NIVEL DE SERVICIO CON IRI MEDIANTE VELOCIDAD EN MAYORES TASAS DE FLUJO

| CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA CON IRI  |   |                              |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|---|---|------------------------------|------------------|---|---|------------------------------|---------|---------------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|------------|-----|-----|-----|
| <b>DATOS</b>  |   |                              |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>VOLUMEN DE DEMANDA :</b>   | 550   | veh/h                        |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>DORECCION DIVIDIDA:</b>  | 49.18   |                              | 50.82            |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>FHP:</b>   | 0.98  | Factor Hora Punta (FHP)      |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>TIPO DE TERRENO:</b>   | PLANO   |                              |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>% CAMION:</b>  | 15  | %                            |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>% RVS:</b>   | 82  | %                            |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>ANCHO DE CARRIL:</b>   | 14.76   | ft                           |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>BERMA UTILIZABLE:</b>  | 6.56  | ft                           |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>Sfm:</b>   | 45.36   | mi/h                         |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>PUNTO DE ACCESO:</b>   | 0   | puntos/mi                    |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:</b>   | 0   | %                            |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>IRI 1:</b>   | 3.44  |                              |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>IRI 2:</b>   | 2.70  |                              |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>ESTIMACION DEL FFS</b>   |   |                              |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>velocidad media o promedio de dos c:</b>   | S <sub>m</sub> =                                | 45.36                        |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>velocidad de flujo de la demanda de d</b>  | V=  | 550.083333                   |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | FHV,ATSf1:                                      | 0.98                         |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>factor de ajuste de vehiculos pesados</b>  | FHV,ATSf2:                                      | 0.98                         |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | DATO FORMULA                                    | 0.00776                      |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | Fr 1:   | 63.25 km/h                   | Fr 1: 39.30 mi/h |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | Fr 2:   | 66.07 km/h                   | Fr 2: 41.05 mi/h |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| $FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{V}{FHV,ATS} \right) - Fr$  |   |                              |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | <b>FFS1:</b>                                    | 10.33                        | mi/h             |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | <b>FFS2:</b>                                    | 8.64                         | mi/h             |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <b>AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)</b>   |   |                              |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | <b>49%</b>                                      | 0.49                         |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | <b>51%</b>                                      | 0.51                         |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | <b>V1=</b>                                      | 270.56                       | veh/h            |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | <b>V2=</b>                                      | 279.53                       | veh/h            |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Directional Demand Flow Rate, <math>v_{dir}</math> (veh/h)</th> <th style="text-align: center;">Level Terrain and Specific Downgrades</th> <th style="text-align: center;">Rolling Terrain</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">≤100</td><td style="text-align: center;">1.00</td><td style="text-align: center;">0.73</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">200</td><td style="text-align: center;">1.00</td><td style="text-align: center;">0.80</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">300</td><td style="text-align: center;">1.00</td><td style="text-align: center;">0.85</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">400</td><td style="text-align: center;">1.00</td><td style="text-align: center;">0.90</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">500</td><td style="text-align: center;">1.00</td><td style="text-align: center;">0.96</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">600</td><td style="text-align: center;">1.00</td><td style="text-align: center;">0.97</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">700</td><td style="text-align: center;">1.00</td><td style="text-align: center;">0.99</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">800</td><td style="text-align: center;">1.00</td><td style="text-align: center;">1.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">≥900</td><td style="text-align: center;">1.00</td><td style="text-align: center;">1.00</td></tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small; text-align: center;">Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.</p>   |   |                              |                  | Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades           | Rolling Terrain              | ≤100    | 1.00          | 0.73 | 200 | 1.00 | 0.80 | 300 | 1.00 | 0.85 | 400 | 1.00 | 0.90 | 500 | 1.00 | 0.96 | 600 | 1.00 | 0.97 | 700 | 1.00 | 0.99 | 800 | 1.00 | 1.00 | ≥900 | 1.00 | 1.00 |     |     |            |     |     |     |
| Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h)   | Level Terrain and Specific Downgrades           | Rolling Terrain              |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| ≤100  | 1.00  | 0.73                         |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| 200   | 1.00  | 0.80                         |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| 300   | 1.00  | 0.85                         |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| 400   | 1.00  | 0.90                         |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| 500   | 1.00  | 0.96                         |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| 600   | 1.00  | 0.97                         |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| 700   | 1.00  | 0.99                         |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| 800   | 1.00  | 1.00                         |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| ≥900  | 1.00  | 1.00                         |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | <b>fg, ATS direcci</b>                          | 1                            |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | <b>fg, ATS direcci</b>                          | 1                            |                  |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Vehicle Type</th> <th style="text-align: center;">Directional Demand Flow Rate, <math>v_{dir}</math> (veh/h)</th> <th style="text-align: center;">Level and Specific Downgrade</th> <th style="text-align: center;">Rolling</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td rowspan="9" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Trucks, <math>E_T</math></td><td style="text-align: center;">≤100</td><td style="text-align: center;">1.1</td><td style="text-align: center;">1.9</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">200</td><td style="text-align: center;">1.1</td><td style="text-align: center;">1.8</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">300</td><td style="text-align: center;">1.1</td><td style="text-align: center;">1.7</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">400</td><td style="text-align: center;">1.1</td><td style="text-align: center;">1.6</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">500</td><td style="text-align: center;">1.0</td><td style="text-align: center;">1.4</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">600</td><td style="text-align: center;">1.0</td><td style="text-align: center;">1.2</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">700</td><td style="text-align: center;">1.0</td><td style="text-align: center;">1.0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">800</td><td style="text-align: center;">1.0</td><td style="text-align: center;">1.0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">≥900</td><td style="text-align: center;">1.0</td><td style="text-align: center;">1.0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">RVs, <math>E_R</math></td><td style="text-align: center;">All</td><td style="text-align: center;">1.0</td><td style="text-align: center;">1.0</td></tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small; text-align: center;">Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.</p> |   |                              |                  | Vehicle Type                                    | Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade | Rolling | Trucks, $E_T$ | ≤100 | 1.1 | 1.9  | 200  | 1.1 | 1.8  | 300  | 1.1 | 1.7  | 400  | 1.1 | 1.6  | 500  | 1.0 | 1.4  | 600  | 1.0 | 1.2  | 700  | 1.0 | 1.0  | 800  | 1.0  | 1.0  | ≥900 | 1.0 | 1.0 | RVs, $E_R$ | All | 1.0 | 1.0 |
| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade | Rolling          |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| Trucks, $E_T$   | ≤100  | 1.1                          | 1.9              |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | 200   | 1.1                          | 1.8              |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | 300   | 1.1                          | 1.7              |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | 400   | 1.1                          | 1.6              |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | 500   | 1.0                          | 1.4              |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | 600   | 1.0                          | 1.2              |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | 700   | 1.0                          | 1.0              |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | 800   | 1.0                          | 1.0              |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
|   | ≥900  | 1.0                          | 1.0              |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |
| RVs, $E_R$  | All   | 1.0                          | 1.0              |   |   |                              |         |               |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |            |     |     |     |



X= 270.56  
POSICION  
X0= 200                      Y0= 1.1  
X1= 300                      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

X= 279.53  
POSICION  
X0= 200                      Y0= 1.1  
X1= 300                      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

**ET direccion 1 1.1**  
**ET direccion 2 1.1**  
**ER direccion 1 1**  
**ER direccion 2 1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.15  
PR 0.82  
**FHV,ATS F1: 1.0**  
**FHV,ATS F2: 1.0**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{LATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{g,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

**V1,ATS F: 26.44**  
**V2,ATS F: 32.64**

ESTIMACION DEL ATS

| Opposing Flow Rate,<br>v <sub>o</sub> (veh/h) | Percent No. Passing Zeros |     |     |     |
|---|---------------------------|-----|-----|-----|
|   | 50                        | 60  | 80  | 100 |
| FFS = 55 mph                                  |                           |     |     |     |
| 100   | 1.1                       | 2.2 | 2.8 | 3.1 |
| 200   | 2.2                       | 3.3 | 3.9 | 4.2 |
| 400   | 1.6                       | 2.3 | 2.7 | 2.9 |
| 600   | 1.4                       | 1.5 | 1.7 | 1.9 |
| 800   | 0.7                       | 1.0 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000   | 0.6                       | 0.8 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200   | 0.6                       | 0.8 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400   | 0.6                       | 0.7 | 0.9 | 0.9 |
| 1,600   | 0.6                       | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| FFS = 60 mph                                  |                           |     |     |     |
| 100   | 0.7                       | 1.7 | 2.5 | 2.9 |
| 200   | 1.9                       | 2.9 | 3.7 | 4.0 |
| 400   | 1.4                       | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600   | 1.1                       | 1.3 | 1.6 | 1.9 |
| 800   | 0.6                       | 0.9 | 1.1 | 1.4 |
| 1,000   | 0.6                       | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200   | 0.5                       | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400   | 0.5                       | 0.6 | 0.8 | 0.9 |
| 1,600   | 0.5                       | 0.6 | 0.7 | 0.7 |
| FFS = 65 mph                                  |                           |     |     |     |
| 100   | 0.5                       | 1.2 | 2.0 | 2.3 |
| 200   | 1.5                       | 2.4 | 3.5 | 3.9 |
| 400   | 1.2                       | 1.9 | 2.4 | 2.7 |
| 600   | 0.9                       | 1.1 | 1.6 | 1.9 |
| 800   | 0.5                       | 0.7 | 1.1 | 1.4 |
| 1,000   | 0.5                       | 0.6 | 0.8 | 0.9 |
| 1,200   | 0.5                       | 0.6 | 0.7 | 0.9 |
| 1,400   | 0.5                       | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| 1,600   | 0.5                       | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| FFS = 70 mph                                  |                           |     |     |     |
| 100   | 0.2                       | 0.7 | 1.0 | 1.3 |
| 200   | 1.1                       | 1.8 | 2.2 | 2.6 |
| 400   | 0.6                       | 0.9 | 1.4 | 1.7 |
| 600   | 0.4                       | 0.6 | 0.9 | 1.2 |
| 800   | 0.4                       | 0.4 | 0.7 | 0.9 |
| 1,000   | 0.4                       | 0.4 | 0.7 | 0.8 |
| 1,200   | 0.4                       | 0.4 | 0.6 | 0.7 |
| 1,400   | 0.4                       | 0.4 | 0.6 | 0.7 |
| 1,600   | 0.4                       | 0.4 | 0.5 | 0.6 |
| FFS = 75 mph                                  |                           |     |     |     |
| 100   | 0.1                       | 0.4 | 0.7 | 1.0 |
| 200   | 0.9                       | 1.0 | 1.3 | 1.6 |
| 400   | 0.6                       | 0.5 | 1.0 | 1.2 |
| 600   | 0.4                       | 0.3 | 0.8 | 1.1 |
| 800   | 0.3                       | 0.3 | 0.6 | 0.8 |
| 1,000   | 0.3                       | 0.3 | 0.6 | 0.7 |
| 1,200   | 0.3                       | 0.3 | 0.6 | 0.7 |
| 1,400   | 0.3                       | 0.3 | 0.6 | 0.7 |
| 1,600   | 0.3                       | 0.3 | 0.4 | 0.6 |

Note: Interpolation of  $v_{LATS}$  for percent no. passing zeros, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is





X= 270.56  
POSICION  
X0= 200  
X1= 400  
Y= 1.212

Y0= 1.6  
Y1= 0.5

X= 279.53  
POSICION  
X0= 200  
X1= 400  
Y= 1.163

Y0= 1.6  
Y1= 0.5

**fat,ATS TRAMO 1 = 1.2**  
**fat,ATS TRAMO 2 = 1.2**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 8.72**  
**ATSd Tramo 2 = 7.02**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 83.91%**  
**PFFS 2 = 81.22%**

NIVEL DE SERVICIO

*Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*

| Nivel de Servicio (LOS) | Carreteras de clase I |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|-------------------------|-----------------------|----------|--------------------|---------------------|
|                         | ATS (mi/hr // km/hr)  | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A                    | > 55 // > 90          | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B                    | > 50-55 // > 82-90    | > 35-50  | > 40-55            | > 83,3-91,7         |
| NS C                    | > 45-50 // > 74-82    | > 50-65  | > 55-70            | > 75,0-83,3         |
| NS D                    | > 40-45 // > 65-74    | > 65-80  | > 70-85            | 66,7-75,0           |
| NS F                    | ≤ 400 // ≤ 65         | > 80     | > 85               | ≤ 66.7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = B**  
**NDS = C**

CAPACIDAD

**C1d ATS = 1674 veh/hr**  
**C2d ATS = 1674 veh/hr**

**CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTÁ CON IRI**

| DATOS                      |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| VOLUMEN DE DEMANDA :       | 537 veh/h                    |
| DORECCION DIVIDIDA:        | 46.83 53.17                  |
| FHP:                       | 0.98 Factor Hora Punta (FHP) |
| TIPO DE TERRENO:           | PLANO                        |
| % CAMION:                  | 14 %                         |
| % RVS:                     | 83 %                         |
| ANCHO DE CARRIL:           | 14.76 ft                     |
| BERMA UTILIZABLE:          | 6.56 ft                      |
| Sfm:                       | 45.05 mi/h                   |
| PUNTO DE ACCESO:           | 0 puntos/mi                  |
| ZONA DE PROHIBIDO EL PASO: | 0 %                          |
| IRI 1:                     | 3.44                         |
| IRI 2:                     | 2.70                         |



ESTIMACION DEL FFS

velocidad media o promedio de dos c: Smf= 45.05  
 velocidad de flujo de la demanda de d V= 537.17  
 factor de ajuste de vehiculos pesados FHV,ATSF1: 0.98  
 FHV,ATSF2: 0.98  
 DATO FORMULA 0.00776  
 Fr 1: 64.81 km/h Fr 1: 40.27 mi/h  
 Fr 2: 67.62 km/h Fr 2: 42.02 mi/h

$$FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{v}{f_{HV,ATS}} \right) - Fr$$

**FFS1: 9.42 mi/h**  
**FFS2: 7.68 mi/h**

AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)

**47%** 0.47  
**53%** 0.53  
**V1=** 279.63 veh/h  
**V2=** 317.54 veh/h

| Directional Demand Flow Rate, $v_{95}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades | Rolling Terrain |
|--|---------------------------------------|-----------------|
| ≤100   | 1.00                                  | 0.73            |
| 200  | 1.00                                  | 0.80            |
| 300  | 1.00                                  | 0.85            |
| 400  | 1.00                                  | 0.90            |
| 500  | 1.00                                  | 0.96            |
| 600  | 1.00                                  | 0.97            |
| 700  | 1.00                                  | 0.99            |
| 800  | 1.00                                  | 1.00            |
| ≥900   | 1.00                                  | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

**fg, ATS direcci 1**  
**fg, ATS direcci 1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{95}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade | Rolling |
|---------------|--|------------------------------|---------|
| Trucks, $E_T$ | ≤100   | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200  | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300  | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400  | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500  | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600  | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700  | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800  | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900   | 1.0                          | 1.0     |
| RVs, $E_R$    | All  | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

|                       |         |                       |         |
|-----------------------|---------|-----------------------|---------|
| X= 279.63             |         | X= 317.54             |         |
| POSICION              |         | POSICION              |         |
| X0= 200               | Y0= 1.1 | X0= 300               | Y0= 1.1 |
| X1= 300               | Y1= 1.1 | X1= 400               | Y1= 1.1 |
| interpolando Y= 1.100 |         | interpolando Y= 1.100 |         |

**ET direccion 1 1.1**  
**ET direccion 2 1.1**  
**ER direccion 1 1**  
**ER direccion 2 1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.14  
 PR 0.83  
**FHV,ATSF1: 0.98**  
**FHV,ATSF2: 0.98**



DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{R,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

**V1,ATSF: 30.13**

**V2,ATSF: 41.99**

ESTIMACION DEL ATS

| Opposing Demand Flow Rate,<br>$V_d$ (veh/h) | Percent No-Passing Zones |     |     |     |
|---|--------------------------|-----|-----|-----|
|   | 60                       | 40  | 20  | 100 |
| FFS = 65 mi/h                               |                          |     |     |     |
| 100   | 1.1                      | 2.2 | 2.8 | 3.0 |
| 200   | 2.2                      | 3.3 | 3.9 | 4.0 |
| 400   | 1.6                      | 2.3 | 2.7 | 2.8 |
| 600   | 1.4                      | 1.5 | 1.7 | 1.9 |
| 800   | 0.7                      | 1.0 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000                                       | 0.6                      | 0.8 | 1.1 | 1.1 |
| 1,200                                       | 0.6                      | 0.8 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400                                       | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 |
| 16,000                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| FFS = 60 mi/h                               |                          |     |     |     |
| 100   | 1.7                      | 2.5 | 2.8 | 2.9 |
| 200   | 1.9                      | 2.9 | 3.7 | 4.0 |
| 400   | 1.4                      | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600   | 1.1                      | 1.3 | 1.6 | 1.9 |
| 800   | 0.6                      | 0.9 | 1.1 | 1.3 |
| 1,000                                       | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                       | 0.5                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400                                       | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 |
| 16,000                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 |
| FFS = 55 mi/h                               |                          |     |     |     |
| 100   | 0.5                      | 1.2 | 2.2 | 2.6 |
| 200   | 1.5                      | 2.4 | 3.5 | 3.9 |
| 400   | 1.3                      | 1.9 | 2.4 | 2.7 |
| 600   | 0.9                      | 1.1 | 1.6 | 1.9 |
| 800   | 0.5                      | 0.7 | 1.1 | 1.4 |
| 1,000                                       | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 1.1 |
| 1,200                                       | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 1.0 |
| 1,400                                       | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.9 |
| 16,000                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| FFS = 50 mi/h                               |                          |     |     |     |
| 100   | 0.2                      | 0.7 | 1.9 | 2.4 |
| 200   | 1.2                      | 2.0 | 3.3 | 3.9 |
| 400   | 1.1                      | 1.6 | 2.2 | 2.6 |
| 600   | 0.6                      | 0.9 | 1.4 | 1.7 |
| 800   | 0.4                      | 0.6 | 0.9 | 1.2 |
| 1,000                                       | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 1.1 |
| 1,200                                       | 0.4                      | 0.4 | 0.6 | 1.0 |
| 1,400                                       | 0.4                      | 0.4 | 0.6 | 0.7 |
| 16,000                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.5 | 0.5 |
| FFS = 45 mi/h                               |                          |     |     |     |
| 100   | 0.1                      | 0.4 | 1.7 | 2.2 |
| 200   | 0.9                      | 1.6 | 3.1 | 3.8 |
| 400   | 0.9                      | 0.5 | 2.0 | 2.5 |
| 600   | 0.4                      | 0.3 | 1.3 | 1.7 |
| 800   | 0.3                      | 0.3 | 0.8 | 1.1 |
| 1,000                                       | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 1.1 |
| 1,200                                       | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 1.0 |
| 1,400                                       | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.7 |
| 16,000                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.4 | 0.6 |

Note: Interpretation of  $f_{d,ATS}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

POSICION  
X0= 200 Y0= 1.6  
X1= 400 Y1= 0.5  
Y= 1.162

POSICION  
X= 317.54  
X0= 200 Y0= 1.6  
X1= 400 Y1= 0.5  
Y= 0.954

**f<sub>at,ATS</sub> TRAMO 1 = 1.16**

**f<sub>at,ATS</sub> TRAMO 2 = 0.95**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 7.80**

**ATSd Tramo 2 = 6.26**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 82.78%**

**PFFS 2 = 81.59%**



**NIVEL DE SERVICIO**

*Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*

| Nivel de Servicio (LOS) | Carreteras de clase I |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|-------------------------|-----------------------|----------|--------------------|---------------------|
|                         | ATS (mi/hr // km/hr)  | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A                    | > 55 // > 90          | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B                    | > 50-55 // > 82-90    | > 35-50  | > 40-55            | > 83,3-91,7         |
| NS C                    | > 45-50 // > 74-82    | > 50-65  | > 55-70            | > 75,0-83,3         |
| NS D                    | > 40-45 // > 65-74    | > 65-80  | > 70-85            | 66,7-75,0           |
| NS F                    | ≤ 40 // ≤ 65          | > 80     | > 85               | ≤ 66,7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = C**  
**NDS = C**

**CAPACIDAD**

**C1d ATS = 1674.45 veh/hr**  
**C2d ATS = 1674.45 veh/hr**

**CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA CON IRI**

**DATOS**

|                                   |       |                         |
|-----------------------------------|-------|-------------------------|
| <b>VOLUMEN DE DEMANDA :</b>       | 583   | veh/h                   |
| <b>DORECCION DIVIDIDA:</b>        | 48.55 | 51.45                   |
| <b>FHP:</b>                       | 0.98  | Factor Hora Punta (FHP) |
| <b>TIPO DE TERRENO:</b>           | PLANO |                         |
| <b>% CAMION:</b>                  | 16    | %                       |
| <b>% RYS:</b>                     | 82    | %                       |
| <b>ANCHO DE CARRIL:</b>           | 14.76 | ft                      |
| <b>BERMA UTILIZABLE:</b>          | 6.56  | ft                      |
| <b>Sfm:</b>                       | 52.82 | mi/h                    |
| <b>PUNTO DE ACCESO:</b>           | 0     | puntos/mi               |
| <b>ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:</b> | 0     | %                       |
| <b>IRI 1:</b>                     | 3.44  |                         |
| <b>IRI 2:</b>                     | 2.70  |                         |

**ESTIMACION DEL FFS**

**velocidad media o promedio de dos c:** S<sub>m</sub> = 52.82  
**velocidad de flujo de la demanda de d** V = 582.75  
**factor de ajuste de vehiculos pesados** FHV,ATS1: 1.0  
 FHV,ATS2: 1.0  
 DATO FORMULA 0.00776  
 Fr 1: 65.58 km/h Fr 1: 40.75 mi/h  
 Fr 2: 69.31 km/h Fr 2: 43.07 mi/h

$$FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{V}{f_{HV,ATS}} \right) - Fr$$

**FFS1: 8.94 mi/h**  
**FFS2: 6.63 mi/h**

**AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)**

**492** 0.49  
**512** 0.51  
**V1=** 282.31 veh/h  
**V2=** 299.84 veh/h



| Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades |                 |
|---|---------------------------------------|-----------------|
|   | Specific Downgrades                   | Rolling Terrain |
| ≤100  | 1.00                                  | 0.73            |
| 200   | 1.00                                  | 0.80            |
| 300   | 1.00                                  | 0.85            |
| 400   | 1.00                                  | 0.90            |
| 500   | 1.00                                  | 0.96            |
| 600   | 1.00                                  | 0.97            |
| 700   | 1.00                                  | 0.99            |
| 800   | 1.00                                  | 1.00            |
| ≥900  | 1.00                                  | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg, ATS direcci **1**  
fg, ATS direcci **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade |         |
|---------------|---|------------------------------|---------|
|               |   | Downgrade                    | Rolling |
| Trucks, $E_T$ | ≤100  | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200   | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300   | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400   | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500   | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600   | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700   | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800   | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900  | 1.0                          | 1.0     |
| RVs, $E_R$    | All   | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

X= 282.31  
POSICION  
X0= 200  
X1= 300  
interpolando Y= 1.100

Y0= 1.1  
Y1= 1.1

X= 293.84  
POSICION  
X0= 200  
X1= 300  
interpolando Y= 1.100

ET direccion 1 **1.1**  
ET direccion 2 **1.1**  
ER direccion 1 **1**  
ER direccion 2 **1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.16  
PR 0.82

FHV,ATSf1: **1.0**  
FHV,ATSf2: **1.0**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{R,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

V1,ATSf: **32.12**  
V2,ATSf: **45.95**



ESTIMACION DEL ATS

| Opposing Demand Flow Rate,<br>% (p/h) | Percent No-Passing Zones |     |     |     |     |
|---------------------------------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                                       | 4.20                     | 40  | 60  | 80  | 100 |
| FFS ≥ 65 mi/h                         |                          |     |     |     |     |
| <100                                  | 1.1                      | 2.2 | 2.8 | 3.0 | 3.1 |
| 200                                   | 2.2                      | 3.3 | 3.9 | 4.0 | 4.2 |
| 400                                   | 1.6                      | 2.3 | 2.7 | 2.8 | 2.9 |
| 600                                   | 1.4                      | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.0 |
| 800                                   | 0.7                      | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 |
| 1,000                                 | 0.6                      | 0.8 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                 | 0.6                      | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 1,400                                 | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| >1,600                                | 0.6                      | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| FFS ≥ 60 mi/h                         |                          |     |     |     |     |
| <100                                  | 0.7                      | 1.7 | 2.3 | 2.6 | 2.9 |
| 200                                   | 1.9                      | 2.9 | 3.7 | 4.0 | 4.2 |
| 400                                   | 1.4                      | 2.0 | 2.5 | 2.7 | 2.9 |
| 600                                   | 1.1                      | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.0 |
| 800                                   | 0.6                      | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 |
| 1,000                                 | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                 | 0.5                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400                                 | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9 |
| >1,600                                | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| FFS ≥ 55 mi/h                         |                          |     |     |     |     |
| <100                                  | 0.5                      | 1.2 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 200                                   | 1.5                      | 2.4 | 3.5 | 3.9 | 4.1 |
| 400                                   | 1.3                      | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 2.8 |
| 600                                   | 0.9                      | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.9 |
| 800                                   | 0.5                      | 0.7 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000                                 | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                 | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400                                 | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.9 |
| >1,600                                | 0.5                      | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| FFS ≥ 50 mi/h                         |                          |     |     |     |     |
| <100                                  | 0.2                      | 0.7 | 1.9 | 2.4 | 2.5 |
| 200                                   | 1.2                      | 2.0 | 3.3 | 3.9 | 4.0 |
| 400                                   | 1.1                      | 1.6 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 600                                   | 0.6                      | 0.9 | 1.4 | 1.7 | 1.9 |
| 800                                   | 0.4                      | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.3 |
| 1,000                                 | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                 | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 1.0 |
| 1,400                                 | 0.4                      | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| >1,600                                | 0.4                      | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| FFS ≥ 45 mi/h                         |                          |     |     |     |     |
| <100                                  | 0.1                      | 0.4 | 1.7 | 2.2 | 2.4 |
| 200                                   | 0.9                      | 1.6 | 3.1 | 3.6 | 4.0 |
| 400                                   | 0.9                      | 0.5 | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600                                   | 0.4                      | 0.3 | 1.3 | 1.7 | 1.8 |
| 800                                   | 0.3                      | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000                                 | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 1.1 |
| 1,200                                 | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 1.0 |
| 1,400                                 | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| >1,600                                | 0.3                      | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.6 |

Note: Interpolation of  $f_{np}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

POSICION  
X0= 200      Y0= 1.6  
X1= 400      Y1= 0.5  
Y= 1.144

X= 299.84  
POSICION  
X0= 200      Y0= 1.6  
X1= 300      Y1= 0.5  
Y= 0.502

**f<sub>nt,ATS</sub> TRAMO 1 = 1.14**  
**f<sub>nt,ATS</sub> TRAMO 2 = 0.50**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 7.34**  
**ATSd Tramo 2 = 5.66**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 82.06%**  
**PFFS 2 = 85.48%**



**NIVEL DE SERVICIO**

*Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*

| Nivel de Servicio (LOS) | Carreteras de clase I    |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|-------------------------|--------------------------|----------|--------------------|---------------------|
|                         | ATS (mi/hr // km/hr) (%) | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A                    | > 55 // > 90             | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B                    | > 50-55 // > 82-90       | > 35-50  | > 40-55            | > 83,3-91,7         |
| NS C                    | > 45-50 // > 74-82       | > 50-65  | > 55-70            | > 75,0-83,3         |
| NS D                    | > 40-45 // > 65-74       | > 65-80  | > 70-85            | 66,7-75,0           |
| NS F                    | ≤ 40 // ≤ 65             | > 80     | > 85               | ≤ 66.7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = C**  
**NDS = B**

**CAPACIDAD**

**C1d ATS = 1674.45 veh/hr**  
**C2d ATS = 1674.45 veh/hr**

**CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA CON IRI**

**DATOS**

|                                   |       |                         |
|-----------------------------------|-------|-------------------------|
| <b>VOLUMEN DE DEMANDA :</b>       | 585   | veh/h                   |
| <b>DORECCION DIVIDIDA:</b>        | 52.23 | 47.77                   |
| <b>FHP:</b>                       | 0.98  | Factor Hora Punta (FHP) |
| <b>TIPO DE TERRENO:</b>           | PLANO |                         |
| <b>% CAMION:</b>                  | 14    | %                       |
| <b>% RYS:</b>                     | 81    | %                       |
| <b>ANCHO DE CARRIL:</b>           | 14.76 | ft                      |
| <b>BERMA UTILIZABLE:</b>          | 6.56  | ft                      |
| <b>Sfm:</b>                       | 52.20 | mi/h                    |
| <b>PUNTO DE ACCESO:</b>           | 0     | puntos/mi               |
| <b>ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:</b> | 0     | %                       |
| <b>IRI 1:</b>                     | 3.44  |                         |
| <b>IRI 2:</b>                     | 2.70  |                         |

**ESTIMACION DEL FFS**

**velocidad media o promedio de dos c:** S<sub>m</sub>= 52.20  
**velocidad de flujo de la demanda de d** V= 585  
**factor de ajuste de vehiculos pesados** FHV,ATS1: 0.98  
 FHV,ATS2: 0.98  
 DATO FORMULA 0.00776  
 Fr 1: 67.19 km/h Fr 1: 41.75 mi/h  
 Fr 2: 64.33 km/h Fr 2: 39.98 mi/h

$$FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{v}{fHV,ATS} \right) - Fr$$

**FFS1: 7.94 mi/h**  
**FFS2: 9.72 mi/h**

**AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)**

**52%** 0.52  
**48%** 0.48  
**V1=** 305.55 veh/h  
**V2=** 279.45 veh/h



| Directional Demand Flow Rate, $v_{95}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades |                 |
|--|---------------------------------------|-----------------|
|  | Level Terrain and Specific Downgrades | Rolling Terrain |
| ≤100   | 1.00                                  | 0.73            |
| 200  | 1.00                                  | 0.80            |
| 300  | 1.00                                  | 0.85            |
| 400  | 1.00                                  | 0.90            |
| 500  | 1.00                                  | 0.96            |
| 600  | 1.00                                  | 0.97            |
| 700  | 1.00                                  | 0.99            |
| 800  | 1.00                                  | 1.00            |
| ≥900   | 1.00                                  | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg, ATS direcci **1**

fg, ATS direcci **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{95}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade |         |
|---------------|--|------------------------------|---------|
|               |  | Downgrade                    | Rolling |
| Trucks, $E_T$ | ≤100   | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200  | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300  | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400  | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500  | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600  | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700  | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800  | 1.0                          | 1.0     |
| ≥900          | 1.0  | 1.0                          |         |
| RVs, $E_R$    | All  | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

X= 305.55  
POSICION  
X0= 300      Y0= 1.1  
X1= 400      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

X= 279.45  
POSICION  
X0= 200      Y0= 1.1  
X1= 300      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

ET direccion 1 **1.1**

ET direccion 2 **1.1**

ER direccion 1 **1**

ER direccion 2 **1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.14

PR 0.81

FHV,ATSF1: **0.98**

FHV,ATSF2: **0.98**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{R,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

V1,ATSF: **39.05**

V2,ATSF: **29.19**





ESTIMACION DEL ATS

| Opposing Demand Flow Rate,<br>$v_d$ (pc/h) | Percent No-Passing Zones |     |     |     |     |
|--|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
|  | 40                       | 40  | 40  | 40  | 100 |
| FFS = 65 mph                               |                          |     |     |     |     |
| 100  | 1.1                      | 2.2 | 2.8 | 3.0 | 3.1 |
| 200  | 2.2                      | 3.3 | 3.9 | 4.0 | 4.2 |
| 400  | 1.6                      | 2.3 | 2.7 | 2.8 | 2.9 |
| 600  | 1.4                      | 1.9 | 1.7 | 1.9 | 2.0 |
| 800  | 0.7                      | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.8 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                      | 0.6                      | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 1,400                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| 1,600                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| FFS = 60 mph                               |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.7                      | 1.7 | 2.3 | 2.6 | 2.9 |
| 200  | 1.9                      | 2.9 | 3.7 | 4.0 | 4.2 |
| 400  | 1.4                      | 2.0 | 2.5 | 2.7 | 2.9 |
| 600  | 1.1                      | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.0 |
| 800  | 0.8                      | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9 |
| 1,600                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| FFS = 55 mph                               |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.5                      | 1.2 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 200  | 1.5                      | 2.4 | 3.5 | 3.9 | 4.1 |
| 400  | 1.3                      | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 2.8 |
| 600  | 0.9                      | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.9 |
| 800  | 0.5                      | 0.7 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.9 |
| 1,600                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| FFS = 50 mph                               |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.2                      | 0.7 | 1.9 | 2.4 | 2.5 |
| 200  | 1.2                      | 2.0 | 3.3 | 3.9 | 4.0 |
| 400  | 1.1                      | 1.6 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 600  | 0.6                      | 0.9 | 1.4 | 1.7 | 1.9 |
| 800  | 0.4                      | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.3 |
| 1,000                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| 1,600                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| FFS = 45 mph                               |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.1                      | 0.4 | 1.7 | 2.2 | 2.4 |
| 200  | 0.9                      | 1.6 | 3.1 | 3.6 | 4.0 |
| 400  | 0.9                      | 0.5 | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600  | 0.4                      | 0.3 | 1.3 | 1.7 | 1.8 |
| 800  | 0.3                      | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 1,600                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.6 |

Note: Interpretation of  $f_{np,ATS}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

.. .. .  
 POSICION  
 X0= 200                      Y0= 1.6  
 X1= 400                      Y1= 0.5  
 Y= 1.019

X= 279.45  
 POSICION  
 X0= 200                      Y0= 1.6  
 X1= 400                      Y1= 0.5  
 Y= 1.163

**$f_{nt,ATS}$  TRAMO 1 = 1.0**  
 **$f_{nt,ATS}$  TRAMO 2 = 1.2**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 6.47**  
**ATSd Tramo 2 = 8.10**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 81.38%**  
**PFFS 2 = 83.30%**



| NIVEL DE SERVICIO                                   |                          |          |                    |                     |
|---|--------------------------|----------|--------------------|---------------------|
| Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles |                          |          |                    |                     |
| Nivel de Servicio (LOS)                             | Carreteras de clase I    |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|   | ATS (mi/hr // km/hr) (%) | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A  | > 55 // > 90             | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B  | > 50-55 // > 82-90       | > 35-50  | > 40-55            | > 83,3-91,7         |
| NS C  | > 45-50 // > 74-82       | > 50-65  | > 55-70            | > 75,0-83,3         |
| NS D  | > 40-45 // > 65-74       | > 65-80  | > 70-85            | 66,7-75,0           |
| NS F  | ≤ 400 // ≤ 65            | > 80     | > 85               | ≤ 66.7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = C**  
**NDS = B**

| CAPACIDAD        |                       |
|------------------|-----------------------|
| <b>C1d ATS =</b> | <b>1674.45 veh/hr</b> |
| <b>C2d ATS =</b> | <b>1674.45 veh/hr</b> |

| CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA CON IRI       |              |                         |                  |
|--|--------------|-------------------------|------------------|
| <b>DATOS</b>   |              |                         |                  |
| <b>VOLUMEN DE DEMANDA :</b>                                    | 592          | veh/h                   |                  |
| <b>DORECCION DIVIDIDA:</b>                                     | 50.04        | 43.36                   |                  |
| <b>FHP:</b>  | 0.98         | Factor Hora Punta (FHP) |                  |
| <b>TIPO DE TERRENO:</b>  | PLANO        |                         |                  |
| <b>% CAMION:</b>   | 15           | %                       |                  |
| <b>% RVS:</b>  | 80           | %                       |                  |
| <b>ANCHO DE CARRIL:</b>  | 14.76        | ft                      |                  |
| <b>BERMA UTILIZABLE:</b>                                       | 6.56         | ft                      |                  |
| <b>Sfm:</b>  | 56.86        | mi/h                    |                  |
| <b>PUNTO DE ACCESO:</b>  | 0            | puntos/mi               |                  |
| <b>ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:</b>                              | 0            | %                       |                  |
| <b>IRI 1:</b>  | 3.44         |                         |                  |
| <b>IRI 2:</b>  | 2.70         |                         |                  |
| <b>ESTIMACION DEL FFS</b>                                      |              |                         |                  |
| <b>velocidad media o promedio de dos c:</b>                    | Sfm=         | 56.86                   |                  |
| <b>velocidad de flujo de la demanda de d</b>                   | V=           | 591.67                  |                  |
| <b>factor de ajuste de vehiculos pesados</b>                   | FHV,ATSF1:   | 0.98                    |                  |
|  | FHV,ATSF2:   | 0.98                    |                  |
|  | DATO FORMULA | 0.00776                 |                  |
|  | Fr 1:        | 61.52 km/h              | Fr 1: 38.23 mi/h |
|  | Fr 2:        | 63.26 km/h              | Fr 2: 39.31 mi/h |
| $FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{V}{FHV,ATS} \right) - Fr$ |              |                         |                  |
|  | <b>FFS1:</b> | <b>11.47 mi/h</b>       |                  |
|  | <b>FFS2:</b> | <b>10.38 mi/h</b>       |                  |
| <b>AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)</b>        |              |                         |                  |
|  | <b>50%</b>   | 0.50                    |                  |
|  | <b>50%</b>   | 0.50                    |                  |
|  | <b>V1=</b>   | 296.07                  | veh/h            |
|  | <b>V2=</b>   | 295.60                  | veh/h            |



| Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades |      | Rolling Terrain |
|---|---------------------------------------|------|-----------------|
|   |                                       |      |                 |
| ≤100  | 1.00                                  | 0.73 |                 |
| 200   | 1.00                                  | 0.80 |                 |
| 300   | 1.00                                  | 0.85 |                 |
| 400   | 1.00                                  | 0.90 |                 |
| 500   | 1.00                                  | 0.96 |                 |
| 600   | 1.00                                  | 0.97 |                 |
| 700   | 1.00                                  | 0.99 |                 |
| 800   | 1.00                                  | 1.00 |                 |
| ≥900  | 1.00                                  | 1.00 |                 |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg, ATS direcci **1**  
fg, ATS direcci **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade |         |
|---------------|---|------------------------------|---------|
|               |   | Downgrade                    | Rolling |
| Trucks, $E_T$ | ≤100  | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200   | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300   | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400   | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500   | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600   | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700   | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800   | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900  | 1.0                          | 1.0     |
| RVs, $E_R$    | All   | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

X= 296.07  
POSICION  
X0= 200  
X1= 300  
interpolando Y= 1.100

Y0= 1.1  
Y1= 1.1

X= 295.60  
POSICION  
X0= 200  
X1= 300  
interpolando Y= 1.100

ET direccion 1 **1.1**  
ET direccion 2 **1.1**  
ER direccion 1 **1**  
ER direccion 2 **1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.15  
PR 0.80

FHV,ATSf1: **0.98**  
FHV,ATSf2: **0.98**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{R,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

Y1,ATSf: **26.21**  
Y2,ATSf: **28.30**



ESTIMACION DEL ATS

| Opposing Demand Flow Rate,<br>$v_d$ (pc/h) | Percent No-Passing Zones |     |     |     |     |
|--|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
|  | 60                       | 40  | 20  | 10  | 5   |
| FFS = 65 mph                               |                          |     |     |     |     |
| 100  | 1.1                      | 2.2 | 3.0 | 3.0 | 3.1 |
| 200  | 2.2                      | 3.3 | 3.9 | 4.0 | 4.2 |
| 400  | 1.6                      | 2.3 | 2.7 | 2.8 | 2.9 |
| 600  | 1.4                      | 1.9 | 1.7 | 1.9 | 2.0 |
| 800  | 0.7                      | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.8 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                      | 0.6                      | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 1,400                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| 1,600                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| FFS = 60 mph                               |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.7                      | 1.7 | 2.3 | 2.6 | 2.9 |
| 200  | 1.9                      | 2.9 | 3.7 | 4.0 | 4.2 |
| 400  | 1.4                      | 2.0 | 2.5 | 2.7 | 2.9 |
| 600  | 1.1                      | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.0 |
| 800  | 0.6                      | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9 |
| 1,600                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| FFS = 55 mph                               |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.5                      | 1.2 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 200  | 1.5                      | 2.4 | 3.5 | 3.9 | 4.1 |
| 400  | 1.3                      | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 2.8 |
| 600  | 0.9                      | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.9 |
| 800  | 0.5                      | 0.7 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.9 |
| 1,600                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| FFS = 50 mph                               |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.2                      | 0.7 | 1.9 | 2.4 | 2.5 |
| 200  | 1.2                      | 2.0 | 3.3 | 3.9 | 4.0 |
| 400  | 1.1                      | 1.6 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 600  | 0.6                      | 0.9 | 1.4 | 1.7 | 1.9 |
| 800  | 0.4                      | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.3 |
| 1,000                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| 1,600                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| FFS = 45 mph                               |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.1                      | 0.4 | 1.7 | 2.2 | 2.4 |
| 200  | 0.9                      | 1.6 | 3.1 | 3.8 | 4.0 |
| 400  | 0.9                      | 0.5 | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600  | 0.4                      | 0.3 | 1.3 | 1.7 | 1.8 |
| 800  | 0.3                      | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 1,600                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.6 |

Note: Interpolation of  $f_{np,ATS}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

POSICION  
X0= 200      Y0= 1.6  
X1= 400      Y1= 0.5  
Y= 1.072

X= 295.60  
POSICION  
X0= 200      Y0= 1.6  
X1= 400      Y1= 0.5  
Y= 1.074

**$f_{np,ATS}$  TRAMO 1 = 1.1**  
 **$f_{np,ATS}$  TRAMO 2 = 1.1**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 3.94**  
**ATSd Tramo 2 = 8.85**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 86.64%**  
**PFFS 2 = 85.22%**



| NIVEL DE SERVICIO                                   |                          |          |                    |                     |
|---|--------------------------|----------|--------------------|---------------------|
| Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles |                          |          |                    |                     |
| Nivel de Servicio (LOS)                             | Carreteras de clase I    |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|   | ATS (mi/hr // km/hr) (%) | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A  | > 55 // > 90             | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B  | > 50-55 // > 82-90       | > 35-50  | > 40-55            | > 83,3-91,7         |
| NS C  | > 45-50 // > 74-82       | > 50-65  | > 55-70            | > 75,0-83,3         |
| NS D  | > 40-45 // > 65-74       | > 65-80  | > 70-85            | 66,7-75,0           |
| NS F  | ≤ 400 // ≤ 65            | > 80     | > 85               | ≤ 66.7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = B**  
**NDS = B**

| CAPACIDAD        |                       |
|------------------|-----------------------|
| <b>C1d ATS =</b> | <b>1674.45 veh/hr</b> |
| <b>C2d ATS =</b> | <b>1674.45 veh/hr</b> |

| CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA CON IRI          |              |                         |                  |
|---|--------------|-------------------------|------------------|
| <b>DATOS</b>  |              |                         |                  |
| <b>VOLUMEN DE DEMANDA :</b>                                       | 345          | veh/h                   |                  |
| <b>DORECCION DIVIDIDA:</b>  | 45.71        | 54.29                   |                  |
| <b>FHP:</b>   | 0.98         | Factor Hora Punta (FHP) |                  |
| <b>TIPO DE TERRENO:</b>   | PLANO        |                         |                  |
| <b>% CAMION:</b>  | 23           | %                       |                  |
| <b>% RVS:</b>   | 81           | %                       |                  |
| <b>ANCHO DE CARRIL:</b>   | 14.76        | ft                      |                  |
| <b>BERMA UTILIZABLE:</b>  | 6.56         | ft                      |                  |
| <b>Sfm:</b>   | 56.23        | mi/h                    |                  |
| <b>PUNTO DE ACCESO:</b>   | 0            | puntos/mi               |                  |
| <b>ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:</b>                                 | 0            | %                       |                  |
| <b>IRI 1:</b>   | 3.44         |                         |                  |
| <b>IRI 2:</b>   | 2.70         |                         |                  |
| <b>ESTIMACION DEL FFS</b>   |              |                         |                  |
| <b>velocidad media o promedio de dos c:</b>                       | Smf=         | 56.23                   |                  |
| <b>velocidad de flujo de la demanda de d</b>                      | V=           | 345.33                  |                  |
| <b>factor de ajuste de vehiculos pesados</b>                      | FHV,ATSF1:   | 0.98                    |                  |
|   | FHV,ATSF2:   | 0.98                    |                  |
|   | DATO FORMULA | 0.00776                 |                  |
|   | Fr 1:        | 64.48 km/h              | Fr 1: 40.07 mi/h |
|   | Fr 2:        | 61.28 km/h              | Fr 2: 38.08 mi/h |
| $FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{v}{f_{HV,ATS}} \right) - Fr$ |              |                         |                  |
| <b>FFS1:</b>  | <b>3.63</b>  | <b>mi/h</b>             |                  |
| <b>FFS2:</b>  | <b>11.62</b> | <b>mi/h</b>             |                  |
| <b>AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)</b>           |              |                         |                  |
| <b>462</b>  | 0.46         |                         |                  |
| <b>542</b>  | 0.54         |                         |                  |
| <b>V1=</b>  | 157.85       | veh/h                   |                  |
| <b>V2=</b>  | 187.43       | veh/h                   |                  |



| Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades |                 |
|---|---------------------------------------|-----------------|
|   | Level Terrain                         | Rolling Terrain |
| ≤100  | 1.00                                  | 0.73            |
| 200   | 1.00                                  | 0.80            |
| 300   | 1.00                                  | 0.85            |
| 400   | 1.00                                  | 0.90            |
| 500   | 1.00                                  | 0.96            |
| 600   | 1.00                                  | 0.97            |
| 700   | 1.00                                  | 0.99            |
| 800   | 1.00                                  | 1.00            |
| ≥900  | 1.00                                  | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg, ATS direcci **1**  
fg, ATS direcci **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade |         |
|---------------|---|------------------------------|---------|
|               |   | Downgrade                    | Rolling |
| Trucks, $E_T$ | ≤100  | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200   | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300   | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400   | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500   | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600   | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700   | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800   | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900  | 1.0                          | 1.0     |
| RVs, $E_R$    | All   | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

X= 157.85  
POSICION  
X0= 100      Y0= 1.1  
X1= 200      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

X= 187.49  
POSICION  
X0= 100      Y0= 1.1  
X1= 200      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

ET direccion 1 **1.1**  
ET direccion 2 **1.1**  
ER direccion 1 **1**  
ER direccion 2 **1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.23  
PR 0.81

FHV,ATSf1: **0.38**  
FHV,ATSf2: **0.38**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{R,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

V1,ATSf: **16.65**  
V2,ATSf: **16.38**



ESTIMACION DEL ATS

| Opposing Flow Rate,<br>$v_o$ (pc/h) | Percent No-Passing Zones |     |     |     |     |
|-------------------------------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                                     | 60                       | 40  | 40  | 60  | 100 |
| FFS $\geq 65$ mph                   |                          |     |     |     |     |
| 100                                 | 1.1                      | 2.2 | 2.0 | 3.0 | 3.1 |
| 200                                 | 2.2                      | 3.3 | 3.0 | 4.0 | 4.2 |
| 400                                 | 1.0                      | 2.3 | 2.7 | 2.0 | 2.0 |
| 600                                 | 1.4                      | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.0 |
| 800                                 | 0.7                      | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 |
| 1,000                               | 0.6                      | 0.8 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                               | 0.6                      | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 1,400                               | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| 1,600                               | 0.6                      | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| FFS $\geq 60$ mph                   |                          |     |     |     |     |
| 100                                 | 0.7                      | 1.7 | 2.3 | 2.0 | 2.0 |
| 200                                 | 1.0                      | 2.0 | 2.7 | 4.0 | 4.2 |
| 400                                 | 1.4                      | 2.0 | 2.5 | 2.7 | 2.9 |
| 600                                 | 1.1                      | 1.3 | 1.0 | 1.9 | 2.0 |
| 800                                 | 0.6                      | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 |
| 1,000                               | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                               | 0.5                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400                               | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9 |
| 1,600                               | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| FFS $\geq 55$ mph                   |                          |     |     |     |     |
| 100                                 | 0.5                      | 1.2 | 2.2 | 2.0 | 2.7 |
| 200                                 | 1.0                      | 2.4 | 3.5 | 3.0 | 4.1 |
| 400                                 | 1.3                      | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 2.8 |
| 600                                 | 0.9                      | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 800                                 | 0.5                      | 0.7 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000                               | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                               | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400                               | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.9 |
| 1,600                               | 0.5                      | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| FFS $\geq 50$ mph                   |                          |     |     |     |     |
| 100                                 | 0.2                      | 0.7 | 1.0 | 2.4 | 2.5 |
| 200                                 | 1.2                      | 2.0 | 3.3 | 3.0 | 4.0 |
| 400                                 | 1.1                      | 1.0 | 2.2 | 2.0 | 2.7 |
| 600                                 | 0.6                      | 0.9 | 1.4 | 1.7 | 1.9 |
| 800                                 | 0.4                      | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.3 |
| 1,000                               | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                               | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 1.0 |
| 1,400                               | 0.4                      | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| 1,600                               | 0.4                      | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| FFS $\geq 45$ mph                   |                          |     |     |     |     |
| 100                                 | 0.1                      | 0.4 | 1.7 | 2.2 | 2.4 |
| 200                                 | 0.9                      | 1.0 | 3.1 | 3.0 | 4.0 |
| 400                                 | 0.9                      | 0.5 | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600                                 | 0.4                      | 0.3 | 1.3 | 1.7 | 1.8 |
| 800                                 | 0.3                      | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000                               | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 1.1 |
| 1,200                               | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 1.0 |
| 1,400                               | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 1,600                               | 0.3                      | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.6 |

Note: Interpolation of  $f_{np,ATS}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

.. .. .  
 POSICION  
 X0= 100                      Y0= 0.4  
 X1= 200                      Y1= 1.6  
 Y= 1.034

X= 167.49  
 POSICION  
 X0= 100                      Y0= 0.4  
 X1= 200                      Y1= 1.6  
 Y= 1.450

**fat,ATS TRAMO 1 = 1.1**  
**fat,ATS TRAMO 2 = 1.4**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 8.07**  
**ATSd Tramo 2 = 9.71**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 83.85%**  
**PFFS 2 = 83.56%**



**NIVEL DE SERVICIO**

*Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*

| Nivel de Servicio (LOS) | Carreteras de clase I       |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|-------------------------|-----------------------------|----------|--------------------|---------------------|
|                         | ATS (mi/hr // km/hr)<br>(%) | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A                    | > 55 // > 90                | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B                    | > 50-55 // > 82-90          | > 35-50  | > 40-55            | > 83,3-91,7         |
| NS C                    | > 45-50 // > 74-82          | > 50-65  | > 55-70            | > 75,0-83,3         |
| NS D                    | > 40-45 // > 65-74          | > 65-80  | > 70-85            | 66,7-75,0           |
| NS F                    | ≤ 40 // ≤ 65                | > 80     | > 85               | ≤ 66.7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = B**  
**NDS = B**

**CAPACIDAD**

**C1d ATS = 1674.45 veh/hr**  
**C2d ATS = 1674.45 veh/hr**

**CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA CON IRI**

**DATOS**

|                                   |       |                         |
|-----------------------------------|-------|-------------------------|
| <b>VOLUMEN DE DEMANDA :</b>       | 369   | veh/h                   |
| <b>DORECCION DIVIDIDA:</b>        | 40.57 | 59.43                   |
| <b>FHP:</b>                       | 0.98  | Factor Hora Punta (FHP) |
| <b>TIPO DE TERRENO:</b>           | PLANO |                         |
| <b>% CAMION:</b>                  | 22    | %                       |
| <b>% RYS:</b>                     | 81    | %                       |
| <b>ANCHO DE CARRIL:</b>           | 14.76 | ft                      |
| <b>BERMA UTILIZABLE:</b>          | 6.56  | ft                      |
| <b>Sfm:</b>                       | 57.17 | mi/h                    |
| <b>PUNTO DE ACCESO:</b>           | 0     | puntos/mi               |
| <b>ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:</b> | 0     | %                       |
| <b>IRI 1:</b>                     | 3.44  |                         |
| <b>IRI 2:</b>                     | 2.70  |                         |

**ESTIMACION DEL FFS**

|  |              |            |                  |
|--|--------------|------------|------------------|
| <b>velocidad media o promedio de dos c:</b>  | Smf=         | 57.17      |                  |
| <b>velocidad de flujo de la demanda de d</b> | V=           | 369.42     |                  |
| <b>factor de ajuste de vehiculos pesados</b> | FHV,ATS1:    | 0.98       |                  |
|  | FHV,ATS2:    | 0.98       |                  |
|  | DATO FORMULA | 0.00776    |                  |
|  | Fr 1:        | 63.69 km/h | Fr 1: 39.58 mi/h |
|  | Fr 2:        | 59.25 km/h | Fr 2: 36.81 mi/h |

$$FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{v}{f_{HV,ATS}} \right) - Fr$$

**FFS1: 10.12 mi/h**  
**FFS2: 12.88 mi/h**

**AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)**

**41%** 0.41  
**59%** 0.59  
**V1=** 143.86 veh/h  
**V2=** 219.55 veh/h





| Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades | Rolling Terrain |
|---|---------------------------------------|-----------------|
| ≤100  | 1.00                                  | 0.73            |
| 200   | 1.00                                  | 0.80            |
| 300   | 1.00                                  | 0.85            |
| 400   | 1.00                                  | 0.90            |
| 500   | 1.00                                  | 0.96            |
| 600   | 1.00                                  | 0.97            |
| 700   | 1.00                                  | 0.99            |
| 800   | 1.00                                  | 1.00            |
| ≥900  | 1.00                                  | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg, ATS direcci **1**

fg, ATS direcci **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade | Rolling |
|---------------|---|------------------------------|---------|
| Trucks, $E_T$ | ≤100  | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200   | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300   | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400   | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500   | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600   | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700   | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800   | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900  | 1.0                          | 1.0     |
| RVs, $E_R$    | All   | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

X= 149.86  
POSICION  
X0= 100      Y0= 1.1  
X1= 200      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

X= 219.55  
POSICION  
X0= 100      Y0= 1.1  
X1= 200      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

ET direccion 1 **1.1**

ET direccion 2 **1.1**

ER direccion 1 **1**

ER direccion 2 **1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.22

PR 0.81

FHV,ATSF1: **0.98**

FHV,ATSF2: **0.98**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{L,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{R,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

V1,ATSF: **15.04**

V2,ATSF: **17.31**



ESTIMACION DEL ATS

| Opposing Demand Flow Rate,<br>V <sub>d</sub> (veh/h) | Percent No-Passing Zones |     |     |     |     |
|--|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
|  | 6.20                     | 60  | 60  | 60  | 100 |
| FFS ≥ 45 mph   |                          |     |     |     |     |
| 100  | 1.1                      | 2.2 | 2.8 | 3.0 | 3.1 |
| 200  | 2.2                      | 3.3 | 3.9 | 4.0 | 4.2 |
| 400  | 1.6                      | 2.3 | 2.7 | 2.8 | 2.9 |
| 600  | 1.4                      | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.0 |
| 800  | 0.7                      | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 |
| 1,000  | 0.6                      | 0.8 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200  | 0.6                      | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 1,400  | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| 15,000   | 0.6                      | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| FFS = 40 mph   |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.7                      | 1.7 | 2.5 | 2.8 | 2.9 |
| 200  | 1.9                      | 2.9 | 3.7 | 4.0 | 4.2 |
| 400  | 1.4                      | 2.0 | 2.5 | 2.7 | 2.9 |
| 600  | 1.1                      | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.0 |
| 800  | 0.6                      | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 |
| 1,000  | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200  | 0.5                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400  | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9 |
| 15,000   | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| FFS = 35 mph   |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.5                      | 1.2 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 200  | 1.5                      | 2.4 | 3.5 | 3.9 | 4.1 |
| 400  | 1.3                      | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 2.8 |
| 600  | 0.9                      | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.9 |
| 800  | 0.5                      | 0.7 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000  | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200  | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400  | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.9 |
| 15,000   | 0.5                      | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| FFS = 30 mph   |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.2                      | 0.7 | 1.9 | 2.4 | 2.5 |
| 200  | 1.2                      | 2.0 | 3.3 | 3.9 | 4.0 |
| 400  | 1.1                      | 1.6 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 600  | 0.6                      | 0.9 | 1.4 | 1.7 | 1.9 |
| 800  | 0.4                      | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.3 |
| 1,000  | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200  | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 1.0 |
| 1,400  | 0.4                      | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| 15,000   | 0.4                      | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| FFS ≥ 45 mph   |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.1                      | 0.4 | 1.7 | 2.2 | 2.4 |
| 200  | 0.9                      | 1.6 | 3.1 | 3.6 | 4.0 |
| 400  | 0.9                      | 0.5 | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600  | 0.4                      | 0.3 | 1.3 | 1.7 | 1.8 |
| 800  | 0.3                      | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000  | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 1.1 |
| 1,200  | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 1.0 |
| 1,400  | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 15,000   | 0.3                      | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.6 |

Note: Interpolation of  $f_{np,ATS}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

.. .. .  
 POSICION  
 X0= 100      Y0= 0.4  
 X1= 200      Y1= 1.6  
 Y= 0.936

X= 219.55  
 POSICION  
 X0= 100      Y0= 0.4  
 X1= 200      Y1= 1.6  
 Y= 1.835

**fat,ATS TRAMO 1 = 1.00**

**fat,ATS TRAMO 2 = 1.83**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 8.66**

**ATSd Tramo 2 = 10.59**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 85.53%**

**PFFS 2 = 82.18%**



| NIVEL DE SERVICIO                                   |                       |          |                    |                     |
|---|-----------------------|----------|--------------------|---------------------|
| Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles |                       |          |                    |                     |
| Nivel de Servicio (LOS)                             | Carreteras de clase I |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|   | ATS (mi/hr // km/hr)  | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A  | > 55 // > 90          | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B  | > 50-55 // > 82-90    | > 35-50  | > 40-55            | > 83,3-91,7         |
| NS C  | > 45-50 // > 74-82    | > 50-65  | > 55-70            | > 75,0-83,3         |
| NS D  | > 40-45 // > 65-74    | > 65-80  | > 70-85            | 66,7-75,0           |
| NS F  | ≤ 400 // ≤ 65         | > 80     | > 85               | ≤ 66.7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = B**  
**NDS = C**

| CAPACIDAD                |               |
|--------------------------|---------------|
| <b>C1d ATS = 1674.45</b> | <b>veh/hr</b> |
| <b>C2d ATS = 1674.45</b> | <b>veh/hr</b> |

| CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA CON IRI          |                   |                         |                  |
|---|-------------------|-------------------------|------------------|
| <b>DATOS</b>  |                   |                         |                  |
| VOLUMEN DE DEMANDA :  | 365               | veh/h                   |                  |
| DORECCION DIVIDIDA:   | 43.69             | 56.31                   |                  |
| FHP:  | 0.98              | Factor Hora Punta (FHP) |                  |
| TIPO DE TERRENO:  | PLANO             |                         |                  |
| % CAMION:   | 25                | %                       |                  |
| % RVS:  | 78                | %                       |                  |
| ANCHO DE CARRIL:  | 14.76             | ft                      |                  |
| BERMA UTILIZABLE:   | 6.56              | ft                      |                  |
| S <sub>fm</sub> :   | 56.86             | mi/h                    |                  |
| PUNTO DE ACCESO:  | 0                 | puntos/mi               |                  |
| ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:  | 0                 | %                       |                  |
| IRI 1:  | 3.44              |                         |                  |
| IRI 2:  | 2.70              |                         |                  |
| <b>ESTIMACION DEL FFS</b>   |                   |                         |                  |
| velocidad media o promedio de dos c:                              | S <sub>mf</sub> = | 56.86                   |                  |
| velocidad de flujo de la demanda de d                             | V=                | 364.67                  |                  |
|   | FHV,ATS1:         | 0.98                    |                  |
| factor de ajuste de vehiculos pesados                             | FHV,ATS2:         | 0.98                    |                  |
|   | DATO FORMULA      | 0.00776                 |                  |
|   | Fr 1:             | 63.34 km/h              | Fr 1: 39.36 mi/h |
|   | Fr 2:             | 61.04 km/h              | Fr 2: 37.93 mi/h |
| $FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{v}{f_{HV,ATS}} \right) - Fr$ |                   |                         |                  |
|   | <b>FFS1:</b>      | <b>10.33</b>            | <b>mi/h</b>      |
|   | <b>FFS2:</b>      | <b>11.76</b>            | <b>mi/h</b>      |
| <b>AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)</b>           |                   |                         |                  |
|   | <b>442</b>        | 0.44                    |                  |
|   | <b>562</b>        | 0.56                    |                  |
|   | <b>V1=</b>        | 159.31                  | veh/h            |
|   | <b>V2=</b>        | 205.36                  | veh/h            |



| Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades |                     | Rolling Terrain |
|---|---------------------------------------|---------------------|-----------------|
|   | Level Terrain                         | Specific Downgrades |                 |
| ≤100  | 1.00                                  | 1.00                | 0.73            |
| 200   | 1.00                                  | 1.00                | 0.80            |
| 300   | 1.00                                  | 1.00                | 0.85            |
| 400   | 1.00                                  | 1.00                | 0.90            |
| 500   | 1.00                                  | 1.00                | 0.96            |
| 600   | 1.00                                  | 1.00                | 0.97            |
| 700   | 1.00                                  | 1.00                | 0.99            |
| 800   | 1.00                                  | 1.00                | 1.00            |
| ≥900  | 1.00                                  | 1.00                | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg, ATS direcci **1**  
fg, ATS direcci **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade |         |
|---------------|---|------------------------------|---------|
|               |   | Downgrade                    | Rolling |
| Trucks, $E_T$ | ≤100  | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200   | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300   | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400   | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500   | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600   | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700   | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800   | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900  | 1.0                          | 1.0     |
| RVs, $E_R$    | All   | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

X= 153.31  
POSICION  
X0= 100      Y0= 1.1  
X1= 200      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

X= 205.36  
POSICION  
X0= 200      Y0= 1.1  
X1= 300      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

ET direccion 1 **1.1**  
ET direccion 2 **1.1**  
ER direccion 1 **1**  
ER direccion 2 **1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.25  
PR 0.78  
FHV,ATSF1: **0.98**  
FHV,ATSF2: **0.98**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{s,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

V1,ATSF: **15.65**  
V2,ATSF: **17.72**



ESTIMACION DEL ATS

| Opposing Demand Flow Rate,<br>$v_d$ (pc/h) | Percent No-Passing Zones |     |     |     |     |
|--|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
|  | 60                       | 40  | 60  | 80  | 100 |
| FFS $\geq 65$ mph                          |                          |     |     |     |     |
| 100  | 1.1                      | 2.2 | 2.0 | 2.0 | 2.1 |
| 200  | 2.2                      | 3.3 | 3.0 | 4.0 | 4.2 |
| 400  | 1.6                      | 2.3 | 2.7 | 2.8 | 2.9 |
| 600  | 1.4                      | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.0 |
| 800  | 0.7                      | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.8 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                      | 0.6                      | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 1,400                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| 11,000                                     | 0.6                      | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| FFS $\geq 60$ mph                          |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.7                      | 1.7 | 2.5 | 2.8 | 2.9 |
| 200  | 1.9                      | 2.9 | 3.7 | 4.0 | 4.2 |
| 400  | 1.4                      | 2.0 | 2.5 | 2.7 | 2.9 |
| 600  | 1.1                      | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.0 |
| 800  | 0.6                      | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9 |
| 11,000                                     | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| FFS $\geq 55$ mph                          |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.5                      | 1.2 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 200  | 1.5                      | 2.4 | 3.5 | 3.9 | 4.1 |
| 400  | 1.3                      | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 2.8 |
| 600  | 0.9                      | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.9 |
| 800  | 0.5                      | 0.7 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.9 |
| 11,000                                     | 0.5                      | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| FFS $\geq 50$ mph                          |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.2                      | 0.7 | 1.9 | 2.4 | 2.5 |
| 200  | 1.2                      | 2.0 | 3.3 | 3.9 | 4.0 |
| 400  | 1.1                      | 1.6 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 600  | 0.6                      | 0.9 | 1.4 | 1.7 | 1.9 |
| 800  | 0.4                      | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.3 |
| 1,000                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| 11,000                                     | 0.4                      | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| FFS $\geq 45$ mph                          |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.1                      | 0.4 | 1.7 | 2.2 | 2.4 |
| 200  | 0.9                      | 1.6 | 3.1 | 3.6 | 4.0 |
| 400  | 0.9                      | 0.5 | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600  | 0.4                      | 0.3 | 1.3 | 1.7 | 1.8 |
| 800  | 0.3                      | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 11,000                                     | 0.3                      | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.6 |

Note: Interpolation of  $v_{d,ATS}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

..      .....

POSICION

X0=    100                      Y0=    0.4

X1=    200                      Y1=    1.6

Y=      1.12

X=    205.36

POSICION

X0=    200                      Y0=    1.6

X1=    400                      Y1=    0.5

Y=      1.571

**$f_{nt,ATS}$  TRAMO 1 = 1.11**

**$f_{nt,ATS}$  TRAMO 2 = 1.57**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 8.76**

**ATSd Tramo 2 = 9.73**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 84.79%**

**PFFS 2 = 82.74%**



| NIVEL DE SERVICIO                                   |                          |          |                    |                     |
|---|--------------------------|----------|--------------------|---------------------|
| Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles |                          |          |                    |                     |
| Nivel de Servicio (LOS)                             | Carreteras de clase I    |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|   | ATS (mi/hr // km/hr) (%) | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A  | > 55 // > 90             | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B  | > 50-55 // > 82-90       | > 35-50  | > 40-55            | > 83,3-91,7         |
| NS C  | > 45-50 // > 74-82       | > 50-65  | > 55-70            | > 75,0-83,3         |
| NS D  | > 40-45 // > 65-74       | > 65-80  | > 70-85            | 66,7-75,0           |
| NS F  | ≤ 400 // ≤ 65            | > 80     | > 85               | ≤ 66.7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = B**  
**NDS = C**

| CAPACIDAD        |                       |
|------------------|-----------------------|
| <b>C1d ATS =</b> | <b>1674.45 veh/hr</b> |
| <b>C2d ATS =</b> | <b>1674.45 veh/hr</b> |

| CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA CON IRI       |                  |                         |                  |
|--|------------------|-------------------------|------------------|
| <b>DATOS</b>   |                  |                         |                  |
| <b>VOLUMEN DE DEMANDA :</b>                                    | 360              | veh/h                   |                  |
| <b>DORECCION DIVIDIDA:</b>                                     | 47.07            | 52.93                   |                  |
| <b>FHP:</b>  | 0.98             | Factor Hora Punta (FHP) |                  |
| <b>TIPO DE TERRENO:</b>  | PLANO            |                         |                  |
| <b>% CAMION:</b>   | 23               | %                       |                  |
| <b>% RYS:</b>  | 79               | %                       |                  |
| <b>ANCHO DE CARRIL:</b>  | 14.76            | ft                      |                  |
| <b>BERMA UTILIZABLE:</b>                                       | 6.56             | ft                      |                  |
| <b>Sfm:</b>  | 50.64            | mi/h                    |                  |
| <b>PUNTO DE ACCESO:</b>  | 0                | puntos/mi               |                  |
| <b>ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:</b>                              | 0                | %                       |                  |
| <b>IRI 1:</b>  | 3.44             |                         |                  |
| <b>IRI 2:</b>  | 2.70             |                         |                  |
| <b>ESTIMACION DEL FFS</b>                                      |                  |                         |                  |
| <b>velocidad media o promedio de dos c:</b>                    | S <sub>m</sub> = | 50.64                   |                  |
| <b>velocidad de flujo de la demanda de d</b>                   | V=               | 360.17                  |                  |
|  | FHV,ATS F1:      | 0.98                    |                  |
| <b>factor de ajuste de vehiculos pesados</b>                   | FHV,ATS F2:      | 0.98                    |                  |
|  | DATO FORMULA     | 0.00776                 |                  |
|  | Fr 1:            | 63.38 km/h              | Fr 1: 39.38 mi/h |
|  | Fr 2:            | 61.15 km/h              | Fr 2: 38.00 mi/h |
| $FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{V}{fHV,ATS} \right) - Fr$ |                  |                         |                  |
|  | <b>FFS1:</b>     | <b>10.31 mi/h</b>       |                  |
|  | <b>FFS2:</b>     | <b>11.70 mi/h</b>       |                  |
| <b>AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)</b>        |                  |                         |                  |
|  | <b>47%</b>       | 0.47                    |                  |
|  | <b>53%</b>       | 0.53                    |                  |
|  | <b>V1=</b>       | 163.54                  | veh/h            |
|  | <b>V2=</b>       | 130.63                  | veh/h            |



| Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades |                 |
|---|---------------------------------------|-----------------|
|   | Specific Downgrades                   | Rolling Terrain |
| ≤100  | 1.00                                  | 0.73            |
| 200   | 1.00                                  | 0.80            |
| 300   | 1.00                                  | 0.85            |
| 400   | 1.00                                  | 0.90            |
| 500   | 1.00                                  | 0.96            |
| 600   | 1.00                                  | 0.97            |
| 700   | 1.00                                  | 0.99            |
| 800   | 1.00                                  | 1.00            |
| ≥900  | 1.00                                  | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg, ATS direcci **1**  
fg, ATS direcci **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade |         |
|---------------|---|------------------------------|---------|
|               |   | Downgrade                    | Rolling |
| Trucks, $E_T$ | ≤100  | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200   | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300   | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400   | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500   | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600   | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700   | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800   | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900  | 1.0                          | 1.0     |
| RVs, $E_R$    | All   | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

X= 163.54  
POSICION  
X0= 100      Y0= 1.1  
X1= 200      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

X= 190.63  
POSICION  
X0= 100      Y0= 1.1  
X1= 200      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

ET direccion 1 **1.1**  
ET direccion 2 **1.1**  
ER direccion 1 **1**  
ER direccion 2 **1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.23  
PR 0.73  
FHV,ATSF1: **0.98**  
FHV,ATSF2: **0.98**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{R,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

V1,ATSF: **16.69**  
V2,ATSF: **16.55**



ESTIMACION DEL ATS

| Opposing Demand Flow Rate,<br>$v_d$ (ft/s) | Percent No-Passing Zones |     |     |     |     |
|--|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
|  | 20                       | 40  | 60  | 80  | 100 |
| FFS @ 45 mph                               |                          |     |     |     |     |
| 100  | 1.1                      | 2.2 | 2.8 | 3.0 | 3.1 |
| 200  | 2.2                      | 3.3 | 3.9 | 4.0 | 4.2 |
| 400  | 1.6                      | 2.3 | 2.7 | 2.8 | 2.9 |
| 600  | 1.4                      | 1.9 | 1.7 | 1.9 | 2.0 |
| 800  | 0.7                      | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.8 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                      | 0.6                      | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 1,400                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| 1,600                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| FFS @ 60 mph                               |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.7                      | 1.7 | 2.3 | 2.8 | 2.9 |
| 200  | 1.9                      | 2.9 | 3.7 | 4.0 | 4.2 |
| 400  | 1.4                      | 2.0 | 2.5 | 2.7 | 2.9 |
| 600  | 1.1                      | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.0 |
| 800  | 0.8                      | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9 |
| 1,600                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| FFS @ 65 mph                               |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.5                      | 1.2 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 200  | 1.5                      | 2.4 | 3.5 | 3.9 | 4.1 |
| 400  | 1.3                      | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 2.8 |
| 600  | 0.9                      | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.9 |
| 800  | 0.5                      | 0.7 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.9 |
| 1,600                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| FFS @ 80 mph                               |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.2                      | 0.7 | 1.9 | 2.4 | 2.5 |
| 200  | 1.2                      | 2.0 | 3.3 | 3.9 | 4.0 |
| 400  | 1.1                      | 1.6 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 600  | 0.6                      | 0.9 | 1.4 | 1.7 | 1.9 |
| 800  | 0.4                      | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.3 |
| 1,000                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| 1,600                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| FFS @ 85 mph                               |                          |     |     |     |     |
| 100  | 0.1                      | 0.4 | 1.7 | 2.2 | 2.4 |
| 200  | 0.9                      | 1.6 | 3.1 | 3.6 | 4.0 |
| 400  | 0.9                      | 0.5 | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600  | 0.4                      | 0.3 | 1.3 | 1.7 | 1.8 |
| 800  | 0.3                      | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 1,600                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.6 |

Note: Interpolation of  $f_{np}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

... ..  
 POSICION  
 X0= 100                    Y0= 0.4  
 X1= 200                    Y1= 1.6  
 Y= 1.234

X= 190.63  
 POSICION  
 X0= 100                    Y0= 0.4  
 X1= 200                    Y1= 1.6  
 Y= 1.488

**fat,ATS TRAMO 1 = 1.23**

**fat,ATS TRAMO 2 = 1.49**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 8.62**

**ATSd Tramo 2 = 9.75**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 83.57%**

**PFFS 2 = 83.35%**





| NIVEL DE SERVICIO                                   |                          |          |                    |                     |
|---|--------------------------|----------|--------------------|---------------------|
| Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles |                          |          |                    |                     |
| Nivel de Servicio (LOS)                             | Carreteras de clase I    |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|   | ATS (mi/hr // km/hr) (%) | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A  | > 55 // > 90             | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B  | > 50-55 // > 82-90       | > 35-50  | > 40-55            | > 83,3-91,7         |
| NS C  | > 45-50 // > 74-82       | > 50-65  | > 55-70            | > 75,0-83,3         |
| NS D  | > 40-45 // > 65-74       | > 65-80  | > 70-85            | 66,7-75,0           |
| NS F  | ≤ 40 // ≤ 65             | > 80     | > 85               | ≤ 66.7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = B**  
**NDS = C**

| CAPACIDAD        |                       |
|------------------|-----------------------|
| <b>C1d ATS =</b> | <b>1674.45 veh/hr</b> |
| <b>C2d ATS =</b> | <b>1674.45 veh/hr</b> |

| CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA CON IRI          |                   |                         |                  |
|---|-------------------|-------------------------|------------------|
| <b>DATOS</b>  |                   |                         |                  |
| <b>VOLUMEN DE DEMANDA :</b>                                       | 369               | veh/h                   |                  |
| <b>DORECCION DIVIDIDA:</b>  | 48.66             | 51.34                   |                  |
| <b>FHP:</b>   | 0.98              | Factor Hora Punta (FHP) |                  |
| <b>TIPO DE TERRENO:</b>   | PLANO             |                         |                  |
| <b>% CAMION:</b>  | 22                | %                       |                  |
| <b>% RVS:</b>   | 80                | %                       |                  |
| <b>ANCHO DE CARRIL:</b>   | 14.76             | ft                      |                  |
| <b>BERMA UTILIZABLE:</b>  | 6.56              | ft                      |                  |
| <b>S<sub>fm</sub>:</b>  | 49.09             | mi/h                    |                  |
| <b>PUNTO DE ACCESO:</b>   | 0                 | puntos/mi               |                  |
| <b>ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:</b>                                 | 0                 | %                       |                  |
| <b>IRI 1:</b>   | 3.44              |                         |                  |
| <b>IRI 2:</b>   | 2.70              |                         |                  |
| <b>ESTIMACION DEL FFS</b>   |                   |                         |                  |
| <b>velocidad media o promedio de dos c:</b>                       | S <sub>mf</sub> = | 49.09                   |                  |
| <b>velocidad de flujo de la demanda de d</b>                      | V=                | 369.08                  |                  |
|   | FHV,ATS1:         | 0.98                    |                  |
| <b>factor de ajuste de vehiculos pesados</b>                      | FHV,ATS2:         | 0.98                    |                  |
|   | DATO FORMULA      | 0.00776                 |                  |
|   | Fr 1:             | 62.76 km/h              | Fr 1: 39.00 mi/h |
|   | Fr 2:             | 61.89 km/h              | Fr 2: 38.45 mi/h |
| $FFS = S_{FM} + 0.00776 \left( \frac{v}{f_{HV,ATS}} \right) - Fr$ |                   |                         |                  |
|   | <b>FFS1:</b>      | <b>10.69 mi/h</b>       |                  |
|   | <b>FFS2:</b>      | <b>11.24 mi/h</b>       |                  |
| <b>AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)</b>           |                   |                         |                  |
|   | <b>492</b>        | 0.49                    |                  |
|   | <b>512</b>        | 0.51                    |                  |
|   | <b>V1=</b>        | 173.60                  | veh/h            |
|   | <b>V2=</b>        | 189.48                  | veh/h            |



| Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades |                 | Rolling Terrain |
|---|---------------------------------------|-----------------|-----------------|
|   | Level Terrain and Specific Downgrades | Rolling Terrain |                 |
| ≤100  | 1.00                                  | 0.73            |                 |
| 200   | 1.00                                  | 0.80            |                 |
| 300   | 1.00                                  | 0.85            |                 |
| 400   | 1.00                                  | 0.90            |                 |
| 500   | 1.00                                  | 0.96            |                 |
| 600   | 1.00                                  | 0.97            |                 |
| 700   | 1.00                                  | 0.99            |                 |
| 800   | 1.00                                  | 1.00            |                 |
| ≥900  | 1.00                                  | 1.00            |                 |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg, ATS direcci **1**  
fg, ATS direcci **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade |         |
|---------------|---|------------------------------|---------|
|               |   | Downgrade                    | Rolling |
| Trucks, $E_T$ | ≤100  | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200   | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300   | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400   | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500   | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600   | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700   | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800   | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900  | 1.0                          | 1.0     |
| RVs, $E_R$    | All   | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

X= 173.60  
POSICION  
X0= 100  
X1= 200  
interpolando Y= 1.100

Y0= 1.1  
Y1= 1.1

X= 183.48  
POSICION  
X0= 100  
X1= 200  
interpolando Y= 1.100

ET direccion 1 **1.1**  
ET direccion 2 **1.1**  
ER direccion 1 **1**  
ER direccion 2 **1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.22  
PR 0.80

FHV,ATSF1: **0.98**  
FHV,ATSF2: **0.98**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{R,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

V1,ATSF: **17.05**  
V2,ATSF: **17.12**



ESTIMACION DEL ATS

| Opening Flow Rate,<br>$v_o$ (m/s) | Percent No-Passing Zones |     |     |     |     |
|-----------------------------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                                   | 40                       | 60  | 80  | 90  | 100 |
| <b>FFS = 65 mph</b>               |                          |     |     |     |     |
| 100                               | 1.1                      | 2.2 | 2.8 | 3.0 | 3.1 |
| 200                               | 2.2                      | 3.3 | 3.9 | 4.0 | 4.2 |
| 400                               | 1.6                      | 2.3 | 2.7 | 2.8 | 2.9 |
| 600                               | 1.4                      | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.0 |
| 800                               | 0.7                      | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 |
| 1,000                             | 0.6                      | 0.8 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                             | 0.6                      | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 1,400                             | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| 15,000                            | 0.6                      | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| <b>FFS = 60 mph</b>               |                          |     |     |     |     |
| 100                               | 0.7                      | 1.7 | 2.5 | 2.8 | 2.9 |
| 200                               | 1.0                      | 2.9 | 3.7 | 4.0 | 4.2 |
| 400                               | 1.4                      | 2.0 | 2.5 | 2.7 | 2.9 |
| 600                               | 1.1                      | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.0 |
| 800                               | 0.6                      | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 |
| 1,000                             | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200                             | 0.5                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400                             | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9 |
| 15,000                            | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| <b>FFS = 55 mph</b>               |                          |     |     |     |     |
| 100                               | 0.5                      | 1.3 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 200                               | 1.0                      | 2.4 | 3.5 | 3.9 | 4.1 |
| 400                               | 1.3                      | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 2.8 |
| 600                               | 0.9                      | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.9 |
| 800                               | 0.5                      | 0.7 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000                             | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                             | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400                             | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.9 |
| 15,000                            | 0.5                      | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| <b>FFS = 50 mph</b>               |                          |     |     |     |     |
| 100                               | 0.2                      | 0.7 | 1.9 | 2.4 | 2.5 |
| 200                               | 1.2                      | 2.0 | 3.3 | 3.9 | 4.0 |
| 400                               | 1.1                      | 1.6 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 600                               | 0.6                      | 0.9 | 1.4 | 1.7 | 1.9 |
| 800                               | 0.4                      | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.3 |
| 1,000                             | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                             | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 1.0 |
| 1,400                             | 0.4                      | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| 15,000                            | 0.4                      | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| <b>FFS = 45 mph</b>               |                          |     |     |     |     |
| 100                               | 0.1                      | 0.4 | 1.7 | 2.2 | 2.4 |
| 200                               | 0.9                      | 1.6 | 3.1 | 3.8 | 4.0 |
| 400                               | 0.9                      | 0.5 | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600                               | 0.4                      | 0.3 | 1.3 | 1.7 | 1.8 |
| 800                               | 0.3                      | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000                             | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 1.1 |
| 1,200                             | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 1.0 |
| 1,400                             | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 15,000                            | 0.3                      | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.6 |

Note: Interpolation of  $f_{np}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

.. .. .  
 POSICION  
 X0= 100                      Y0= 0.4  
 X1= 200                      Y1= 1.6  
 Y= 1.355

X= 189.48  
 POSICION  
 X0= 100                      Y0= 0.4  
 X1= 200                      Y1= 1.6  
 Y= 1.474

**fat,ATS TRAMO 1 = 1.36**

**fat,ATS TRAMO 2 = 1.47**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 8.88**

**ATSd Tramo 2 = 9.31**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 83.03%**

**PFFS 2 = 82.79%**



| NIVEL DE SERVICIO                                   |                          |          |                    |                     |
|---|--------------------------|----------|--------------------|---------------------|
| Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles |                          |          |                    |                     |
| Nivel de Servicio (LOS)                             | Carreteras de clase I    |          | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|   | ATS (mi/hr // km/hr) (%) | PTSF (%) | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A  | > 55 // > 90             | ≤ 35     | ≤ 40               | > 91.7              |
| NS B  | > 50-55 // > 82-90       | > 35-50  | > 40-55            | > 83,3-91,7         |
| NS C  | > 45-50 // > 74-82       | > 50-65  | > 55-70            | > 75,0-83,3         |
| NS D  | > 40-45 // > 65-74       | > 65-80  | > 70-85            | 66,7-75,0           |
| NS F  | ≤ 400 // ≤ 65            | > 80     | > 85               | ≤ 66.7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = C**  
**NDS = C**

| CAPACIDAD        |                       |
|------------------|-----------------------|
| <b>C1d ATS =</b> | <b>1674.45 veh/hr</b> |
| <b>C2d ATS =</b> | <b>1674.45 veh/hr</b> |

| CALCULO NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD TRAMO ANTA CON IRI          |              |                         |                  |
|---|--------------|-------------------------|------------------|
| <b>DATOS</b>  |              |                         |                  |
| <b>VOLUMEN DE DEMANDA :</b>                                       | 501          | veh/h                   |                  |
| <b>DORECCION DIVIDIDA:</b>  | 69.70        |                         | 30.30            |
| <b>FHP:</b>   | 0.98         | Factor Hora Punta (FHP) |                  |
| <b>TIPO DE TERRENO:</b>   | PLANO        |                         |                  |
| <b>% CAMION:</b>  | 12           | %                       |                  |
| <b>% RYS:</b>   | 89           | %                       |                  |
| <b>ANCHO DE CARRIL:</b>   | 14.76        | ft                      |                  |
| <b>BERMA UTILIZABLE:</b>  | 6.56         | ft                      |                  |
| <b>Sfm:</b>   | 43.50        | mi/h                    |                  |
| <b>PUNTO DE ACCESO:</b>   | 0            | puntos/mi               |                  |
| <b>ZONA DE PROHIBIDO EL PASO:</b>                                 | 0            | %                       |                  |
| <b>IRI 1:</b>   | 3.44         |                         |                  |
| <b>IRI 2:</b>   | 2.70         |                         |                  |
| <b>ESTIMACION DEL FFS</b>   |              |                         |                  |
| <b>velocidad media o promedio de dos c:</b>                       | Smf=         | 43.50                   |                  |
| <b>velocidad de flujo de la demanda de d</b>                      | V=           | 501.42                  |                  |
| <b>factor de ajuste de vehiculos pesados</b>                      | FHV,ATSf1:   | 0.98                    |                  |
|   | FHV,ATSf2:   | 0.98                    |                  |
|   | DATO FORMULA | 0.00776                 |                  |
|   | Fr 1:        | 66.79 km/h              | Fr 1: 41.50 mi/h |
|   | Fr 2:        | 64.43 km/h              | Fr 2: 40.04 mi/h |
| $FFS = S_{fm} + 0.00776 \left( \frac{v}{f_{HV,ATS}} \right) - Fr$ |              |                         |                  |
|   | <b>FFS1:</b> | <b>8.19 mi/h</b>        |                  |
|   | <b>FFS2:</b> | <b>9.66 mi/h</b>        |                  |
| <b>AJUSTE DE DEMANDA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO (ATS)</b>           |              |                         |                  |
|   | <b>70%</b>   | 0.70                    |                  |
|   | <b>30%</b>   | 0.30                    |                  |
|   | <b>V1=</b>   | 349.51                  | veh/h            |
|   | <b>V2=</b>   | 151.91                  | veh/h            |



| Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades |                 |
|---|---------------------------------------|-----------------|
|   | Level Terrain and Specific Downgrades | Rolling Terrain |
| ≤100  | 1.00                                  | 0.73            |
| 200   | 1.00                                  | 0.80            |
| 300   | 1.00                                  | 0.85            |
| 400   | 1.00                                  | 0.90            |
| 500   | 1.00                                  | 0.96            |
| 600   | 1.00                                  | 0.97            |
| 700   | 1.00                                  | 0.99            |
| 800   | 1.00                                  | 1.00            |
| ≥900  | 1.00                                  | 1.00            |

Note: Interpolation to the nearest 0.01 is recommended.

fg, ATS direcci **1**

fg, ATS direcci **1**

| Vehicle Type  | Directional Demand Flow Rate, $v_{dir}$ (veh/h) | Level and Specific Downgrade |         |
|---------------|---|------------------------------|---------|
|               |   | Downgrade                    | Rolling |
| Trucks, $E_T$ | ≤100  | 1.1                          | 1.9     |
|               | 200   | 1.1                          | 1.8     |
|               | 300   | 1.1                          | 1.7     |
|               | 400   | 1.1                          | 1.6     |
|               | 500   | 1.0                          | 1.4     |
|               | 600   | 1.0                          | 1.2     |
|               | 700   | 1.0                          | 1.0     |
|               | 800   | 1.0                          | 1.0     |
|               | ≥900  | 1.0                          | 1.0     |
| RVs, $E_R$    | All   | 1.0                          | 1.0     |

Note: Interpolation in this exhibit is not recommended.

X= 349.51  
POSICION  
X0= 300      Y0= 1.1  
X1= 400      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

X= 151.31  
POSICION  
X0= 100      Y0= 1.1  
X1= 200      Y1= 1.1  
interpolando Y= 1.100

ET direccion 1 **1.1**

ET direccion 2 **1.1**

ER direccion 1 **1**

ER direccion 2 **1**

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

PT 0.12

PR 0.89

FHV,ATS F1: **0.98**

FHV,ATS F2: **0.98**

DEMANDA DE FLUJO DE VOLUMEN

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{R,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

V1,ATS F: **43.31**

V2,ATS F: **15.97**



ESTIMACION DEL ATS

| Opposing Demand Flow Rate,<br>$v_d$ (pc/h) | Percent No-Passing Zones |     |     |     |
|--|--------------------------|-----|-----|-----|
|  | 4.20                     | 40  | 60  | 100 |
| FFS = 64 mph                               |                          |     |     |     |
| <100                                       | 1.1                      | 2.2 | 2.8 | 3.0 |
| 200  | 2.2                      | 3.3 | 3.9 | 4.0 |
| 400  | 1.6                      | 2.3 | 2.7 | 2.8 |
| 600  | 1.4                      | 1.9 | 1.7 | 1.9 |
| 800  | 0.7                      | 1.0 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.8 | 1.1 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.6                      | 0.8 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 0.9 |
| >1,600                                     | 0.6                      | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| FFS = 60 mph                               |                          |     |     |     |
| <100                                       | 0.7                      | 1.7 | 2.3 | 2.6 |
| 200  | 1.9                      | 2.9 | 3.7 | 4.0 |
| 400  | 1.4                      | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600  | 1.1                      | 1.3 | 1.6 | 1.9 |
| 800  | 0.6                      | 0.9 | 1.1 | 1.3 |
| 1,000                                      | 0.6                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 |
| >1,600                                     | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.7 |
| FFS = 55 mph                               |                          |     |     |     |
| <100                                       | 0.5                      | 1.2 | 2.2 | 2.6 |
| 200  | 1.5                      | 2.4 | 3.5 | 3.9 |
| 400  | 1.3                      | 1.9 | 2.4 | 2.7 |
| 600  | 0.9                      | 1.1 | 1.6 | 1.8 |
| 800  | 0.5                      | 0.7 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.8 | 0.9 |
| 1,200                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.9 |
| 1,400                                      | 0.5                      | 0.6 | 0.7 | 0.9 |
| >1,600                                     | 0.5                      | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| FFS = 50 mph                               |                          |     |     |     |
| <100                                       | 0.2                      | 0.7 | 1.9 | 2.4 |
| 200  | 1.2                      | 2.0 | 3.3 | 3.9 |
| 400  | 1.1                      | 1.6 | 2.2 | 2.6 |
| 600  | 0.6                      | 0.9 | 1.4 | 1.7 |
| 800  | 0.4                      | 0.6 | 0.9 | 1.2 |
| 1,000                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.9 |
| 1,200                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.7 | 0.8 |
| 1,400                                      | 0.4                      | 0.4 | 0.6 | 0.7 |
| >1,600                                     | 0.4                      | 0.4 | 0.5 | 0.5 |
| FFS = 45 mph                               |                          |     |     |     |
| <100                                       | 0.1                      | 0.4 | 1.7 | 2.2 |
| 200  | 0.9                      | 1.6 | 3.1 | 3.6 |
| 400  | 0.9                      | 0.9 | 2.0 | 2.5 |
| 600  | 0.4                      | 0.5 | 1.3 | 1.7 |
| 800  | 0.3                      | 0.3 | 0.8 | 1.1 |
| 1,000                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.8 |
| 1,200                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.7 |
| 1,400                                      | 0.3                      | 0.3 | 0.6 | 0.7 |
| >1,600                                     | 0.3                      | 0.3 | 0.4 | 0.4 |

Note: Interpolation of  $f_{np,ATS}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

.. .. .  
 POSICION  
 X0= 200      Y0= 16  
 X1= 400      Y1= 0.5  
 Y= 0.778

X= 151.91  
 POSICION  
 X0= 100      Y0= 0.4  
 X1= 200      Y1= 1.6  
 Y= 1.023

**$f_{np,ATS}$  TRAMO 1 = 0.8**

**$f_{np,ATS}$  TRAMO 2 = 1.0**

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

**ATSd Tramo 1 = 6.95**

**ATSd Tramo 2 = 8.18**

ESTIMACION DEL PFFS

**PFFS 1 = 84.89%**

**PFFS 2 = 84.65%**



**NIVEL DE SERVICIO**

*Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*

| Nivel de Servicio (LOS) | Carreteras de clase I       |         | Carretera Clase II | Carretera Clase III |
|-------------------------|-----------------------------|---------|--------------------|---------------------|
|                         | ATS (mi/hr // km/hr)<br>(%) | PTSF    | PTSF (%)           | PFFS (%)            |
| NS A                    | > 55 // > 90                | ≤ 35    | ≤ 40               | > 91,7              |
| NS B                    | > 50-55 // > 82-90          | > 35-50 | > 40-55            | > 83,3-91,7         |
| NS C                    | > 45-50 // > 74-82          | > 50-65 | > 55-70            | > 75,0-83,3         |
| NS D                    | > 40-45 // > 65-74          | > 65-80 | > 70-85            | 66,7-75,0           |
| NS F                    | ≤ 40 // ≤ 65                | > 80    | > 85               | ≤ 66,7              |

Niveles de servicio para carreteras de clase I, II y III (Fuente: Transportation Research Board)

**NDS = B**

**NDS = B**

**CAPACIDAD**

**C1d ATS = 1674.45 veh/hr**

**C2d ATS = 1674.45 veh/hr**



## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Resultados respecto a los objetivos específicos

##### 4.1.1. Resultados respecto al objetivo específico N° 01

*“Evaluar el Índice de Rugosidad y Nivel de Servicio con relación al estado de Superficie de rodadura del Pavimento flexible de la Carretera Poroy - Izcuchaca.”*

En la tabla 28 Rugosidad vs Nivel de Servicio; se proporcional los resultados en relación al estado de la carpeta de rodadura de dicha carretera.

**Tabla 26**

*Rugosidad De La Vía Poroy – Izcuchaca Influye En El Nivel De Servicio*

| TRAMO             | DIRECCION | INDICE DE RUGOSIDAD | RUGOSIDAD PROMEDIO | NIVEL DE SERVICIO SIN IRI | NIVEL DE SERVICIO CON IRI |
|-------------------|-----------|---------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| 955+000 - 955+400 | DERECHO   | 3.44                | 3.07               | B                         | B                         |
| 955+800 - 955+400 | IZQUIERDO | 2.70                |                    | B                         | C                         |
| 954+000 - 954+400 | DERECHO   | 3.52                | 3.41               | B                         | C                         |
| 954+800 - 954+400 | IZQUIERDO | 3.31                |                    | B                         | C                         |
| 953+000 - 953+400 | DERECHO   | 3.60                | 3.68               | B                         | C                         |
| 953+800 - 953+400 | IZQUIERDO | 3.75                |                    | B                         | B                         |
| 952+000 - 952+400 | DERECHO   | 3.21                | 3.25               | B                         | C                         |
| 952+800 - 952+400 | IZQUIERDO | 3.28                |                    | B                         | B                         |
| 951+000 - 951+400 | DERECHO   | 3.16                | 3.11               | B                         | B                         |
| 951+800 - 951+400 | IZQUIERDO | 3.07                |                    | B                         | B                         |
| 950+000 - 950+400 | DERECHO   | 3.79                | 3.74               | B                         | B                         |
| 950+800 - 950+400 | IZQUIERDO | 3.70                |                    | B                         | B                         |
| 949+000 - 949+400 | DERECHO   | 3.14                | 3.06               | B                         | B                         |
| 949+800 - 949+400 | IZQUIERDO | 2.98                |                    | B                         | C                         |
| 948+000 - 948+400 | DERECHO   | 4.07                | 3.89               | B                         | B                         |
| 948+800 - 948+400 | IZQUIERDO | 3.70                |                    | B                         | C                         |
| 947+000 - 947+400 | DERECHO   | 2.91                | 3.02               | B                         | B                         |
| 947+800 - 947+400 | IZQUIERDO | 3.13                |                    | B                         | C                         |
| 946+000 - 946+400 | DERECHO   | 4.25                | 3.68               | B                         | C                         |
| 946+800 - 946+400 | IZQUIERDO | 3.10                |                    | B                         | C                         |
| 945+000 - 945+400 | DERECHO   | 2.41                | 2.75               | B                         | B                         |
| 945+800 - 945+400 | IZQUIERDO | 3.08                |                    | B                         | B                         |

*Nota. En la tabla se observa la relación del nivel de servicio con el índice de rugosidad y sin índice de rugosidad.*

##### 4.1.2. Resultados respecto al objetivo específico N° 02

*“Evaluar el IRI del pavimento de la Vía Poro – Izcuchaca.*

La tabla N° 29 nos proporciona los resultados del estado de la carretera.





Tabla 27

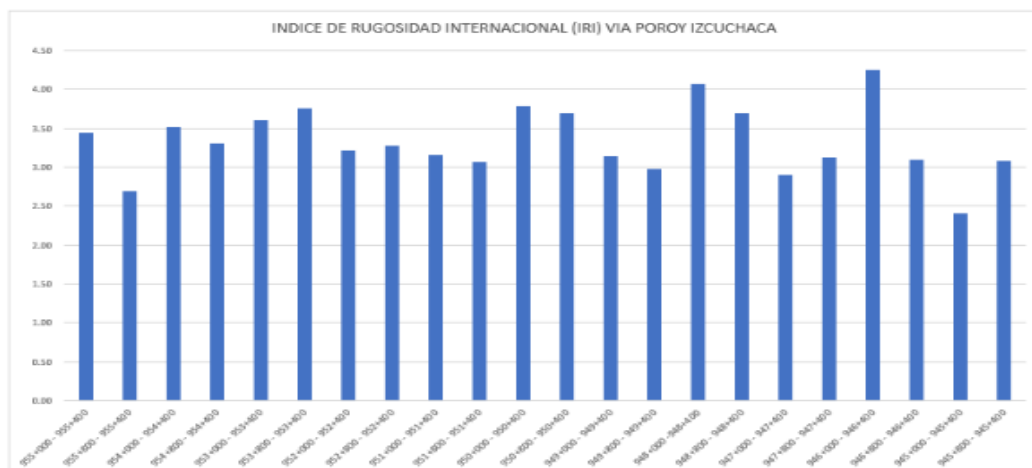
**Índice de Rugosidad Internacional**

| TRAMO             | DIRECCION | INDICE DE RUGOSIDAD | RUGOSIDAD PROMEDIO |
|-------------------|-----------|---------------------|--------------------|
| 955+000 - 955+400 | DERECHO   | 3.44                | 3.07               |
| 955+800 - 955+400 | IZQUIERDO | 2.70                |                    |
| 954+000 - 954+400 | DERECHO   | 3.52                | 3.41               |
| 954+800 - 954+400 | IZQUIERDO | 3.31                |                    |
| 953+000 - 953+400 | DERECHO   | 3.60                | 3.68               |
| 953+800 - 953+400 | IZQUIERDO | 3.75                |                    |
| 952+000 - 952+400 | DERECHO   | 3.21                | 3.25               |
| 952+800 - 952+400 | IZQUIERDO | 3.28                |                    |
| 951+000 - 951+400 | DERECHO   | 3.16                | 3.11               |
| 951+800 - 951+400 | IZQUIERDO | 3.07                |                    |
| 950+000 - 950+400 | DERECHO   | 3.79                | 3.74               |
| 950+800 - 950+400 | IZQUIERDO | 3.70                |                    |
| 949+000 - 949+400 | DERECHO   | 3.14                | 3.06               |
| 949+800 - 949+400 | IZQUIERDO | 2.98                |                    |
| 948+000 - 948+400 | DERECHO   | 4.07                | 3.89               |
| 948+800 - 948+400 | IZQUIERDO | 3.70                |                    |
| 947+000 - 947+400 | DERECHO   | 2.91                | 3.02               |
| 947+800 - 947+400 | IZQUIERDO | 3.13                |                    |
| 946+000 - 946+400 | DERECHO   | 4.25                | 3.68               |
| 946+800 - 946+400 | IZQUIERDO | 3.10                |                    |
| 945+000 - 945+400 | DERECHO   | 2.41                | 2.75               |
| 945+800 - 945+400 | IZQUIERDO | 3.08                |                    |

Nota. En la tabla se observa el Índice de Rugosidad por tramos y su promedio

Figura 19

**Índice de Rugosidad por Tramos**



Nota. El gráfico muestra los diferentes Índices de rugosidades por tramos de la Carretera Poroy - Izcuchaca.



### 4.1.3. Resultados respecto al objetivo específico N° 03

*Determinar el nivel de correlación estadístico de los factores de velocidad e índice de rugosidad.*

El resultado de la primera correlación entre las variables de velocidad y el Índice de rugosidad de la carretera arroja un resultado de 0.2854, que se considera un coeficiente de correlación débil. Al aplicar un polinomio de segundo grado a la reducción de velocidad con valores de rugosidad, obtenemos nuevos valores correlacionados que resultan en un coeficiente de correlación fuerte de 0.9783. Al ajustar los nuevos criterios de rugosidad y reducción de velocidad, ampliamos el polinomio de segundo grado para incluir fórmulas de velocidad de flujo libre con tasas de flujo más altas, lo que demuestra que la rugosidad tiene un impacto en el nivel de servicio.

**Tabla 28**

#### **Resultado de la Evaluación de Coeficiente de Correlación e Índice de Rugosidad**

| TRAMO             | DIRECCION | INDICE DE RUGOSIDAD | VELOCIDAD | COEFICIENTE DE CORRELACION |
|-------------------|-----------|---------------------|-----------|----------------------------|
| 955+000 - 955+400 | DERECHO   | 3.44                | 71        | 0.2854                     |
| 955+800 - 955+400 | IZQUIERDO | 2.70                | 75        | 0.2854                     |
| 954+000 - 954+400 | DERECHO   | 3.52                | 62        | 0.2854                     |
| 954+800 - 954+400 | IZQUIERDO | 3.31                | 83        | 0.2854                     |
| 953+000 - 953+400 | DERECHO   | 3.60                | 73        | 0.2854                     |
| 953+800 - 953+400 | IZQUIERDO | 3.75                | 97        | 0.2854                     |
| 952+000 - 952+400 | DERECHO   | 3.21                | 85        | 0.2854                     |
| 952+800 - 952+400 | IZQUIERDO | 3.28                | 83        | 0.2854                     |
| 951+000 - 951+400 | DERECHO   | 3.16                | 89        | 0.2854                     |
| 951+800 - 951+400 | IZQUIERDO | 3.07                | 94        | 0.2854                     |
| 950+000 - 950+400 | DERECHO   | 3.79                | 91        | 0.2854                     |
| 950+800 - 950+400 | IZQUIERDO | 3.70                | 90        | 0.2854                     |
| 949+000 - 949+400 | DERECHO   | 3.14                | 93        | 0.2854                     |
| 949+800 - 949+400 | IZQUIERDO | 2.98                | 91        | 0.2854                     |
| 948+000 - 948+400 | DERECHO   | 4.07                | 98        | 0.2854                     |
| 948+800 - 948+400 | IZQUIERDO | 3.70                | 85        | 0.2854                     |
| 947+000 - 947+400 | DERECHO   | 2.91                | 81        | 0.2854                     |
| 947+800 - 947+400 | IZQUIERDO | 3.13                | 82        | 0.2854                     |
| 946+000 - 946+400 | DERECHO   | 4.25                | 80        | 0.2854                     |
| 946+800 - 946+400 | IZQUIERDO | 3.10                | 78        | 0.2854                     |
| 945+000 - 945+400 | DERECHO   | 2.41                | 72        | 0.2854                     |
| 945+800 - 945+400 | IZQUIERDO | 3.08                | 68        | 0.2854                     |

**Nota.** En la primera correlación de la rugosidad con la velocidad hallado en campo nos da uncoeficiente de correlación de 0.2854

Figura 20

Iri Versus Velocidad

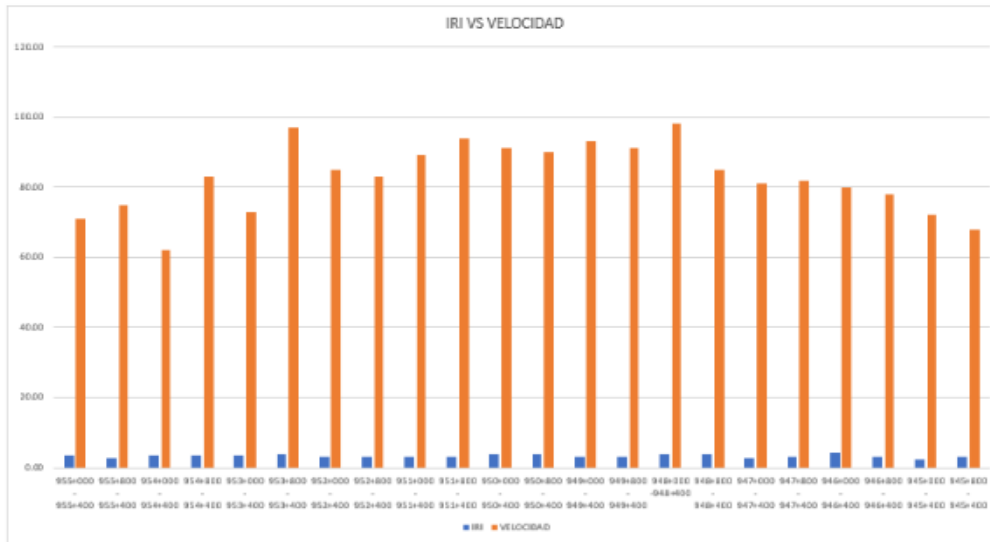


Tabla 29

Resultado de los Rangos de Reducción de Velocidad Mediante el Índice de Rugosidad del pavimento

| TRAMO             | DIRECCION | IRI (m/km) | DISMINUCION DE VELOCIDAD km/h |
|-------------------|-----------|------------|-------------------------------|
| 955+000 - 955+400 | DERECHO   | 3.4        | 6.1                           |
| 955+800 - 955+400 | IZQUIERDO | 2.7        | 11.9                          |
| 954+000 - 954+400 | DERECHO   | 3.5        | 5.7                           |
| 954+800 - 954+400 | IZQUIERDO | 3.3        | 7.0                           |
| 953+000 - 953+400 | DERECHO   | 3.6        | 5.2                           |
| 953+800 - 953+400 | IZQUIERDO | 3.8        | 4.5                           |
| 952+000 - 952+400 | DERECHO   | 3.2        | 7.6                           |
| 952+800 - 952+400 | IZQUIERDO | 3.3        | 7.1                           |
| 951+000 - 951+400 | DERECHO   | 3.2        | 8.0                           |
| 951+800 - 951+400 | IZQUIERDO | 3.1        | 8.7                           |
| 950+000 - 950+400 | DERECHO   | 3.8        | 4.3                           |
| 950+800 - 950+400 | IZQUIERDO | 3.7        | 4.7                           |
| 949+000 - 949+400 | DERECHO   | 3.1        | 8.1                           |
| 949+800 - 949+400 | IZQUIERDO | 3.0        | 9.3                           |
| 948+000 - 948+400 | DERECHO   | 4.1        | 3.3                           |
| 948+800 - 948+400 | IZQUIERDO | 3.7        | 4.7                           |
| 947+000 - 947+400 | DERECHO   | 2.9        | 10.0                          |
| 947+800 - 947+400 | IZQUIERDO | 3.1        | 8.2                           |
| 946+000 - 946+400 | DERECHO   | 4.2        | 2.8                           |
| 946+800 - 946+400 | IZQUIERDO | 3.1        | 8.4                           |
| 945+000 - 945+400 | DERECHO   | 2.4        | 14.8                          |
| 945+800 - 945+400 | IZQUIERDO | 3.1        | 8.6                           |

Nota. La tabla nos proporciona el resultado de la reducción de velocidad mediante la relación la velocidad y rugosidad.



**Tabla 30**

**Resultado de la disminución de la velocidad por efecto del índice de rugosidad**

| TRAMO             | DIRECCION | IRI (m/km) | DISMINUCION       |                               |
|-------------------|-----------|------------|-------------------|-------------------------------|
|                   |           |            | DE VELOCIDAD km/h | DISMINUCION DE VELOCIDAD mi/h |
| 955+000 - 955+400 | DERECHO   | 3.4        | 6.1               | 3.8                           |
| 955+800 - 955+400 | IZQUIERDO | 2.7        | 11.9              | 7.4                           |
| 954+000 - 954+400 | DERECHO   | 3.5        | 5.7               | 3.5                           |
| 954+800 - 954+400 | IZQUIERDO | 3.3        | 7.0               | 4.3                           |
| 953+000 - 953+400 | DERECHO   | 3.6        | 5.2               | 3.2                           |
| 953+800 - 953+400 | IZQUIERDO | 3.8        | 4.5               | 2.8                           |
| 952+000 - 952+400 | DERECHO   | 3.2        | 7.6               | 4.7                           |
| 952+800 - 952+400 | IZQUIERDO | 3.3        | 7.1               | 4.4                           |
| 951+000 - 951+400 | DERECHO   | 3.2        | 8.0               | 5.0                           |
| 951+800 - 951+400 | IZQUIERDO | 3.1        | 8.7               | 5.4                           |
| 950+000 - 950+400 | DERECHO   | 3.8        | 4.3               | 2.7                           |
| 950+800 - 950+400 | IZQUIERDO | 3.7        | 4.7               | 2.9                           |
| 949+000 - 949+400 | DERECHO   | 3.1        | 8.1               | 5.0                           |
| 949+800 - 949+400 | IZQUIERDO | 3.0        | 9.3               | 5.8                           |
| 948+000 - 948+400 | DERECHO   | 4.1        | 3.3               | 2.0                           |
| 948+800 - 948+400 | IZQUIERDO | 3.7        | 4.7               | 2.9                           |
| 947+000 - 947+400 | DERECHO   | 2.9        | 10.0              | 6.2                           |
| 947+800 - 947+400 | IZQUIERDO | 3.1        | 8.2               | 5.1                           |
| 946+000 - 946+400 | DERECHO   | 4.2        | 2.8               | 1.7                           |
| 946+800 - 946+400 | IZQUIERDO | 3.1        | 8.4               | 5.2                           |
| 945+000 - 945+400 | DERECHO   | 2.4        | 14.8              | 9.2                           |
| 945+800 - 945+400 | IZQUIERDO | 3.1        | 8.6               | 5.3                           |

*Nota. En la tabla se observa el Índice de Rugosidad, la disminución de velocidad en millas por hora y kilómetros por hora.*

#### **4.1.4. Resultados respecto al objetivo General**

*"Examinar cómo la medición del Índice de Rugosidad del pavimento flexible impacta en la calidad del servicio de la carretera Poroy - Izcuchaca mediante la utilización de la metodología HCM 6ta edición".*



**Tabla 31**

Resultado del índice de rugosidad y nivel de servicio

| TRAMO             | DIRECCION | INDICE DE RUGOSIDAD | NIVEL DE SERVICIO SIN IRI | NIVEL DE SERVICIO CON IRI |
|-------------------|-----------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| 955+000 - 955+400 | DERECHO   | 3.44                | B                         | B                         |
| 955+800 - 955+400 | IZQUIERDO | 2.70                | B                         | C                         |
| 954+000 - 954+400 | DERECHO   | 3.52                | B                         | C                         |
| 954+800 - 954+400 | IZQUIERDO | 3.31                | B                         | C                         |
| 953+000 - 953+400 | DERECHO   | 3.60                | B                         | C                         |
| 953+800 - 953+400 | IZQUIERDO | 3.75                | B                         | B                         |
| 952+000 - 952+400 | DERECHO   | 3.21                | B                         | C                         |
| 952+800 - 952+400 | IZQUIERDO | 3.28                | B                         | B                         |
| 951+000 - 951+400 | DERECHO   | 3.16                | B                         | B                         |
| 951+800 - 951+400 | IZQUIERDO | 3.07                | B                         | B                         |
| 950+000 - 950+400 | DERECHO   | 3.79                | B                         | B                         |
| 950+800 - 950+400 | IZQUIERDO | 3.70                | B                         | B                         |
| 949+000 - 949+400 | DERECHO   | 3.14                | B                         | B                         |
| 949+800 - 949+400 | IZQUIERDO | 2.98                | B                         | C                         |
| 948+000 - 948+400 | DERECHO   | 4.07                | B                         | B                         |
| 948+800 - 948+400 | IZQUIERDO | 3.70                | B                         | C                         |
| 947+000 - 947+400 | DERECHO   | 2.91                | B                         | B                         |
| 947+800 - 947+400 | IZQUIERDO | 3.13                | B                         | C                         |
| 946+000 - 946+400 | DERECHO   | 4.25                | B                         | C                         |
| 946+800 - 946+400 | IZQUIERDO | 3.10                | B                         | C                         |
| 945+000 - 945+400 | DERECHO   | 2.41                | B                         | B                         |
| 945+800 - 945+400 | IZQUIERDO | 3.08                | B                         | B                         |

Nota: En la tabla se observa, de acuerdo al Índice de Rugosidad y los niveles de servicio con IRI y sin IRI



## CAPITULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1. Contraste de los resultados obtenidos respecto a los antecedentes o con referentes del marco teórico

El desenlace de la primera correlación entre las variables de velocidad y rugosidad de la vía, que muestra un valor de 0.2854, lo cual indica una correlación débil, junto al polinomio de segundo grado, nos permite obtener la disminución de velocidad con distintos valores de rugosidad. Al emplear los valores correlacionados actualizados, obtenemos un valor de 0.9783, lo cual indica una correlación fuerte. Al establecer nuevos lineamientos para la rugosidad y la reducción de velocidad, podemos ampliar el polinomio de segundo grado y las fórmulas para la velocidad de flujo libre con tasas de flujo más elevadas, lo que demuestra que la rugosidad tiene un efecto en el nivel de servicio.

Con las mayores tasas de flujo y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se ha podido hallar los diferentes niveles de servicio por tramos; así como su disminución de velocidad en la carretera Poroy – Izcuchaca en sus diferentes tramos como se muestra a continuación: Tramo 955+000 – 955+400 carril derecho IRI es 3.44, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “B”, disminución de velocidad 6.1 km/h, Tramo 955+800 – 955+400 carril Izquierdo IRI es 2.70, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “C”, disminución de velocidad 11.9 km/h, Tramo 954+000 – 954+400 carril derecho IRI es 3.52, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “C”, disminución de velocidad 5.7 km/h, Tramo 954+800 – 954+400 carril Izquierdo IRI es 3.31, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “C”, disminución de velocidad 7.00 km/h, Tramo 953+000 – 953+400 carril derecho IRI es 3.60, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “C”, disminución de velocidad 5.2 km/h, Tramo 953+800 – 953+400 carril Izquierdo IRI es 3.75, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “B”, disminución de velocidad 4.5 km/h, Tramo 952+000 – 952+400 carril derecho IRI es 3.21, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “C”, disminución de velocidad 7.6 km/h, Tramo 952+800 – 952+400 carril Izquierdo IRI es 3.28, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “B”, disminución de velocidad 7.1 km/h, Tramo 951+000 – 951+400 carril derecho IRI es 3.16, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “B”, disminución de velocidad 8.00 km/h, Tramo 951+800 – 951+400 carril Izquierdo IRI es 3.07, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “B”, disminución de velocidad 8.7 km/h,



Tramo 950+000 – 950+400 carril derecho IRI es 3.79, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “B”, disminución de velocidad 4.3 km/h, Tramo 950+800 – 950+400 carril Izquierdo IRI es 3.70, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “B”, disminución de velocidad 4.7 km/h, Tramo 949+000 – 949+400 carril derecho IRI es 3.14, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “B”, disminución de velocidad 8.1 km/h, Tramo 949+800 – 949+400 carril Izquierdo IRI es 2.98, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “C”, disminución de velocidad 9.3 km/h, Tramo 948+000 – 948+400 carril derecho IRI es 4.07, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “B”, disminución de velocidad 3.3 km/h, Tramo 948+800 – 948+400 carril Izquierdo IRI es 3.70, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “C”, disminución de velocidad 4.7 km/h, Tramo 947+000 – 947+400 carril derecho IRI es 2.91, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “B”, disminución de velocidad 10.0 km/h, Tramo 947+800 – 947+400 carril Izquierdo IRI es 3.13, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “C”, disminución de velocidad 8.2 km/h, Tramo 946+000 – 946+400 carril derecho IRI es 4.25, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “C”, disminución de velocidad 2.8 km/h, Tramo 946+800 – 946+400 carril Izquierdo IRI es 3.10, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “C”, disminución de velocidad 8.4 km/h, Tramo 945+000 – 945+400 carril derecho IRI es 2.41, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “b”, disminución de velocidad 14.8 km/h, Tramo 945+800 – 945+400 carril Izquierdo IRI es 3.08, Nivel de Servicio sin IRI “B”, Nivel de Servicio con IRI “B”, disminución de velocidad 8.6 km/h.

Por lo que se observa que a mayor rugosidad del pavimento se tiene una disminución de velocidad por el deterioro de la vía por ende se tiene una disminución del nivel de servicio del tramo Poroy - Izcuchaca.

## **5.2. Interpretación de los resultados encontrados en la investigación**

El enfoque del Manual de capacidad de carreteras actualizado de los Estados Unidos no incluye el factor de la rugosidad o el estado de la superficie de la carretera, lo que puede resultar en imprecisiones en el resultado. El manual utiliza un porcentaje de la velocidad de flujo libre mediante estimaciones basadas en las condiciones ideales de la carretera. Esto significa que los cálculos se basan en la velocidad publicada o la velocidad normativa. Sin embargo, cuando se trabaja con porcentajes de velocidad de flujo a mayores tasas de flujo o densidad, la fórmula no tiene en cuenta la rugosidad del pavimento.





Los investigadores Cesar Brito y Luis Gerardo llevaron a cabo un estudio internacional en el que evaluaron cómo la condición de la superficie de rodamiento afecta la Índice Rodadura y el nivel de servicio en una vía rígida utilizando la metodología del HCM 2010. Este estudio tuvo lugar en el año 2017 y se utilizó la metodología del HCM 2010, que utiliza diferentes fórmulas con valores distintos, como la velocidad de flujo libre. HCM 2010 utiliza una tasa de flujo mayor de 0.0125, mientras que el HCM 6ta utiliza una tasa de flujo de 0.00776. Utilizar la metodología HCM 6ta edición incrementa la velocidad de flujo libre y su nivel de servicio, por lo que es importante utilizar la metodología más actualizada. El estudio se llevó a cabo en una vía de dos carriles de clase III y se consideró que la carretera Poroy - Izcuchaca era de clase III. Para la clase I, el nivel de servicio se determina ajustando la demanda de la velocidad promedio ATS o por el porcentaje del tiempo por seguimiento PTSF, mientras que para la clase III, el nivel de servicio se determina mediante la estimación del porcentaje de flujo libre (PFFS). Se utilizó un perfilómetro láser dinámico de alta repetitividad de clase 2; para medir el índice de rugosidad, que no cumple con los requisitos de precisión y exactitud, pero que puede ser calibrado por otros métodos autónomos (Gutiérrez Ruiz, 2004). En la presente investigación, se utilizó el rugosímetro Merlín, para la investigación de la vía que pertenece a la clase III: perfiles de precisión que son más exactos, como el nivel servicio y la rugosidad.

La segunda investigación internacional realizada por los expertos José Mery, Mauricio Pradena y Felipe Sanzana se enfoca en examinar los factores que afectan el Índice de rugosidad (IRI) de caminos sin pavimentar, específicamente, la influencia de las precipitaciones. Dado que las vías no pavimentadas presentan condiciones particulares, la relación entre la variación de las precipitaciones y la regularidad superficial aumenta en proporción a la intensidad de las precipitaciones, lo que indica una correlación fuerte. No obstante, en nuestro estudio, se evidenció una correlación débil entre la rugosidad y la velocidad.

El primer estudio nacional llevado a cabo por el investigador Jorge Montoya Goicochea examina el IRI en un proyecto de carretera con curvas sinuosas. Se demostró que el factor que más influye en el valor del IRI es la curva horizontal. Como hay cuatro cambios de pendiente





y las curvas horizontales son más frecuentes en su área de estudio, nuestra investigación se centra en el análisis de carreteras rectas. Sin embargo, se sugiere realizar un estudio similar en curvas horizontales. El estudio establece una relación entre el IRI de diseño y el grado de curvatura, concluyendo que existe una tendencia entre ambas variables.

El segundo estudio nacional realizado por el investigador Emilio Sachun examina el índice de rugosidad en un tramo nuevo y en perfectas condiciones de la carretera Panamericana Norte, considerando el aspecto económico para un mantenimiento adecuado. En este estudio, se determinó que el carril derecho tiene un índice de aspereza promedio de 1.77 m/km en IRI y una desviación estándar de 0.19, un IRI característico de 2.08 m/km y un PSI de 3.43, lo que indica que la carretera está en buenas condiciones para el tránsito. Sin embargo, en nuestro análisis, observamos que el IRI promedio para el carril izquierdo es de 4.47 m/km y para el carril derecho es de 4.83 m/km, lo que significa que la carretera se encuentra en mal estado.

El tercer antecedente nacional realizado por el Ingeniero Ed Gutiérrez Carlotto que hace un estudio de Evaluación Combativa de la Superficie de Rodadura en la Estimación del Nivel de Servicio y Capacidad Vial de la Carretera Pisac Ollantaytambo.

### **5.3. Comentario de la demostración de la hipótesis**

En el Perú no se cuenta con un enfoque propio para examinar el nivel de servicio y capacidad de la carretera. Por ello, se empleó la técnica del HCM 6ta edición, misma que se utiliza en Estados Unidos, para llevar a cabo el análisis de la infraestructura vial peruana.

El Manual de Diseño Geométrico 2018 (DG 2018), norma peruana, indica que, para evaluar nivel de servicio, se utiliza la metodología más reciente del HCM, proveniente de los Estados Unidos. Aunque el manual ofrece valores específicos para diseñar carreteras, no proporciona valores adaptados a las distintas realidades y tipos de carreteras del Perú.



## CONCLUSIONES

### Conclusión N° 01

Se logró demostrar la Hipótesis general: “El Índice de rugosidad influye significativamente en la velocidad y nivel de servicio de la vía Poroy-Izcuchaca”

### Conclusión N° 02

Se logró demostrar la sub hipótesis N° 01: “El índice de Rugosidad de la vía Poroy-Izcuchaca reduce el porcentaje de velocidad de flujo libre obteniendo un Nivel de servicio B.”

### Conclusión N° 03

Se logró demostrar la sub hipótesis N° 02: “La Rugosidad de la superficie del pavimento en la vía Poroy-Izcuchaca está dentro del Índice con un rango de 4.0-5.0 de calificación mala.”

### Conclusión N° 04

Se logró demostrar la sub-hipótesis N° 03: “El Índice de rugosidad de la vía Poroy-Izcuchaca tiene un nivel bajo de correlación estadística con la velocidad.”



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los especialistas de tránsito realizar una evaluación similar en zonas urbanas, debido que la velocidad puede variar con la rugosidad de la vía.
- Se recomienda a las entidades Estatales como Gobiernos Regionales, Distritales, Provinciales realizar la determinación de la Rugosidad Superficial de sus carreteras y conocer el estado de las mismas y darle el mantenimiento respectivo.
- Se recomienda hacer el levantamiento de los datos en campo siempre identificados con EPPs personales y señales visuales para evitar accidentes.
- Se recomienda tener cuidado el momento que se toman los datos de campo, teniendo cuidado en momentos de convulsión social por la integridad del personal que recolecta los datos.
- Se recomienda hacer un mantenimiento vial para ampliar la vida útil de las carreteras y económicamente es más rentable.
- Se recomienda el correcto uso del instrumento como el Rugosímetro de Merlín, para una correcta recolección de datos.
- se recomienda tener mayor mantenimiento de la vía en estudio.
  
- Es recomendable tener una cámara de video para generar o elaborar el conteo vehicular y tener una cifra más confiable o real.
- Se recomienda continuar con el mantenimiento de toda la vía para la estabilidad del pavimento.
- Se recomienda reasfaltado de la vía para mejorar por tramos o recapeo del pavimento de la vía para mejorar el nivel de servicio.



## REFERENCIAS

- Marín Montoya, D., Riscanevo López, M., & Acosta Castellanos, P. M. (12 de diciembre de 2016). Análisis del índice de rugosidad internacional. Aplicación al aeropuerto Enrique Olaya Herrera de Medellín, Colombia. *UGCiencia* 22, 63-67.
- Marín Montoya, D., RISCANEVO López, M., & Acosta Castellanos, P. M. (12 de diciembre de 2016). Análisis del índice de rugosidad internacional. Aplicación al aeropuerto Enrique Olaya Herrera de Medellín, Colombia. *UGCiencia* 22,, 63.
- Alvarez , S., & Rivero, R. (2012). Instrumento electrónico para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) con base en el perfilómetro estático Merlin. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 49-55.
- Aranibar Centeno, M. C., & Saavedra Blanco, K. C. (2019). Determinación del estado actual del pavimento mediante la medición del índice de condición del pavimento (pci) y el índice de rugosidad internacional (iri) en la vía principal izcuchaca - huarocondo. cusco.
- Arriaga Patiño, M., Garnica Anguas, P., & Rico Rodríguez, A. (1998). Índice Internacional de Rugosidad en la red Carretera de México. Mexico D.C.: Sanfandilla.
- Badilla Vargas, G. (FEBRERO de 2009). Determinacion de la regularidad Superficial del pavimento, mediante el calculo del Indice de Regularidad Internacional (IRI). *Infraestructura Vial* N° 21, 30-37.
- Hernandez Sampieri , R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. D. (2014). Metodología de la Investigación . Mexico D.F.: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- La República. (05 de Agosto de 2020). Magdalena: joven de 19 años queda desfigurada tras accidente en ciclovía en mal estado. *La República* .
- Lavaud, P. (29 de OCTUBRE de 2016). Importancia de la Regularidad Superficial (IRI) en la Construcción de Pavimentos Asfálticos en Caliente. *Roadtec*, ing, 7-8.
- Lloclla Huaychao, A. J., & Sánchez Hurtado, K. K. (2019). Analisis Comparativo del Índice de Rugosidad Internacional del Pavimento de la Av. la Cultura de la Ciudad del Cusco Mediante el Aplicativo para Smartphone Roadroid, Rugosimetro Electronico Bump Integrator b1-100a y Rugosimetro de Merlin”. Cusco.
- Lloclla Huaychao, A., & Sánchez Hurtado, K. (2019). Analisis Comparativo del Índice de Rugosidad Internacional del Pavimento de la Av. la Cultura de la Ciudad del Cusco mediante el Aplicativo para Smartphone Roadroid, Rugosimetro Electronico Bump Integrator b1-100a y Rugosimetro de merlin. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (23 de 06 de 2022). I M D A Índice Medio Diario Anual. Obtenido de IMDA Índice Medio Diario Anual: <http://mtcgeo2.mtc.gob.pe/imdweb/reporteImd.aspx?codigo=E057&ano=2010>
- Ministerio de Vivienda. (13 de enero de 2010). El PERUANO. Decreto Supremo N° 001-2010-vivienda, pág. 20.
- Secretaria de Comunicaciones y Transportes. (2016). Car. Carreteras. en E. U. Mexicanos, CSV. Conservacion (págs. 3 - 7). Guadalajara, Mexico: SCT.



Transportation Research Board. (2010). Highway Capacity Manual HCM 2010. Washington DC.

Valle Eguren, M. (2019). Uso De Datos Pasivos Obtenidos Mediante Dispositivos Inerciales Para Inferir La Condición Del Pavimento En Ciclovías. Scielo, 33-44.

Valle Eugen, M. (2018). Uso de datos Pasivos obtenidos Mediante Dispositivos inerciales para determinar la condición del Pavimento en Ciclovías. Santiago de Chile.

Vásquez Varela, L. R. (2002). Pavement Condition Index (PCI). Manizales.



APENDICE

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL RUGOSÍMETRO  
MERLÍN**



**PERUTEST S.A.C**  
CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA  
RUC N° 20602182721

---

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Longitud*

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PT - LL - 1 - 2019**

Página 1 de 3

|                                |   |   |
|--------------------------------|---|---|
| <b>1. Expediente</b>           | 015-2019  | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).   |
| <b>2. Solicitante</b>          | ED GUTIERREZ CARLOTTO   |   |
| <b>3. Dirección</b>            | Jr. Atahualpa Nro. 353 Urb. Tihuantisuyo Int. 1 Cusco - Cusco |   |
| <b>4. Equipo de medición</b>   | RUGOSÍMETRO MERLIN  | Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| <b>Alcance de Indicación</b>   | 50 divisiones   |   |
| <b>División de Escala</b>      | 1 división  |   |
| <b>Marca</b>                   | PERUTEST  | PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  |
| <b>Modelo</b>                  | PT-RM   |   |
| <b>Número de Serie</b>         | 1003  |   |
| <b>Procedencia</b>             | PERÚ  |   |
| <b>Tipo de indicación</b>      | ANALOGICO   | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.   |
| <b>Identificación</b>          | NO INDICA   |   |
| <b>5. Fecha de Calibración</b> | 2019-01-11  | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.  |

---

|                         |  |   |
|-------------------------|--|---|
| <b>Fecha de Emisión</b> | <b>Jefe del Laboratorio de Metrología</b>  | <b>Sello</b>  |
| 2019-01-11              | <br>MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES |  |

---

Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima  
 Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
 Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224  
 E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe





## PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA

RUC N° 20602182721

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LL - 1 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 5

#### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa entre los Bloques Patrones de longitud y la Cinta Métrica versus la indicación de la escala gráfica del equipo a calibrar, para verificar la relación entre medidas.

#### 7. Lugar de calibración

Laboratorio de Longitud de PERUTEST S.A.C.  
Calle Yahuar Huaca Nro. 215 Urb San Agustín II Etapa - Comas - Lima

#### 8. Condiciones Ambientales

|                  | Inicial | Final |
|------------------|---------|-------|
| Temperatura      | 22.5    | 22.6  |
| Humedad Relativa | 65 %    | 65 %  |



#### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Longitud del Servicio Nacional de Metrología SNM - INDECOPi en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

| Trazabilidad | Patrón utilizado                                | Certificado de calibración |
|--------------|---|----------------------------|
| INACAL       | BLOQUES PATRON DE LONGITUD<br>MARCA: INSIZE     | LLA-C-070-2018             |
| METROIL      | WINCHA DE 5 METROS MARCA:<br>STANLEY            | L-0655-2018                |
| METROIL      | "PIE DE REY DIGITAL de 200 mm<br>MARCA: INSIZE" | L-0656-2018                |

#### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.

Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima  
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224  
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



## PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA  
RUC N° 20602182721

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LL - 1 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

#### 11. Resultados de Medición

##### VALORES EN ELEVACIONES

| VALOR PATRON (mm) | INDICACION DE LA ESCALA GRÁFICA (mm) | RELACIÓN Móvil Pivote / Pivote-Puntero |
|-------------------|--------------------------------------|--|
| 1.0               | 10.0                                 | 10.0                                   |
| 2.0               | 20.0                                 | 10.0                                   |
| 3.0               | 30.0                                 | 10.0                                   |
| 4.0               | 40.0                                 | 10.0                                   |
| 5.0               | 50.0                                 | 10.0                                   |
| 6.0               | 60.0                                 | 10.0                                   |
| 7.0               | 70.0                                 | 10.0                                   |
| 8.0               | 80.0                                 | 10.0                                   |
| 9.0               | 90.0                                 | 10.0                                   |
| 10.0              | 100.0                                | 10.0                                   |

Relación Promedio : 1 : 10

##### VALORES EN DEPRESIONES

| VALOR PATRON (mm) | INDICACION DE LA ESCALA GRÁFICA (mm) | RELACIÓN Móvil Pivote / Pivote-Puntero |
|-------------------|--------------------------------------|--|
| 1.0               | 10.0                                 | 10.0                                   |
| 2.0               | 20.0                                 | 10.0                                   |
| 3.0               | 30.0                                 | 10.0                                   |
| 4.0               | 40.0                                 | 10.0                                   |
| 5.0               | 50.0                                 | 10.0                                   |
| 6.0               | 60.0                                 | 10.0                                   |
| 7.0               | 70.0                                 | 10.0                                   |
| 8.0               | 80.0                                 | 10.0                                   |
| 9.0               | 90.0                                 | 10.0                                   |

Relación Promedio : 1 : 10

| Posiciones       | Longitud (mm) |
|------------------|---------------|
| MÓVIL 1 - PIVOTE | 100           |
| PIVOTE - PUNTERO | 1000.1        |



Nota 1.- El equipo posee una escala gráfica con divisiones de 5 mm de espesor cada una.

Nota 2.- El equipo presenta una pastilla para el F.C. del ensayo de 6.05 mm de espesor.

Fin del documento

Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima  
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224  
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe





**ANEXO I: PANEL FOTOGRAFICO**

*Fotografía 01*

**Empezando con la toma de datos con el Rugosímetro de Merlin**



*Fotografía 02*

**Teniendo Seguridad en la toma de datos**





*Fotografía 03*

**Se Continúan con el Trabajo de Toma de Datos ya en el km 955+000**



*Fotografía 04*

**Recogiendo los Conos de Seguridad Cada Determinado Tramo de trabajo**

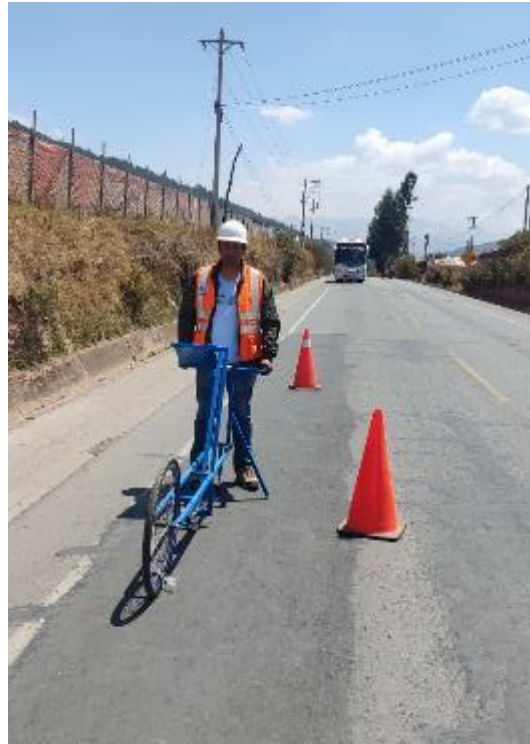






*Fotografía 05*

**Continuamos con el Recolección de Datos y Teniendo Seguridad**



*Fotografía 06*

**Continuamos con Otro Día de Trabajo de Recolección de Datos**





*Fotografía 07*

**Seguimos Avanzando en la Recolección de Datos**



*Fotografía 08*

**Un Kilómetro más concluido**







*Fotografía 09*

**Conclusión De Trabajos De Toma De Datos Con El Equipo De Merlin**



*Fotografía 10*

**Los Equipos que Hemos Usado**





*Fotografía 11*

***Se Inicio Con Los Trabajos De Toma De Datos De Conteo Vehicular***



*Fotografía 12*

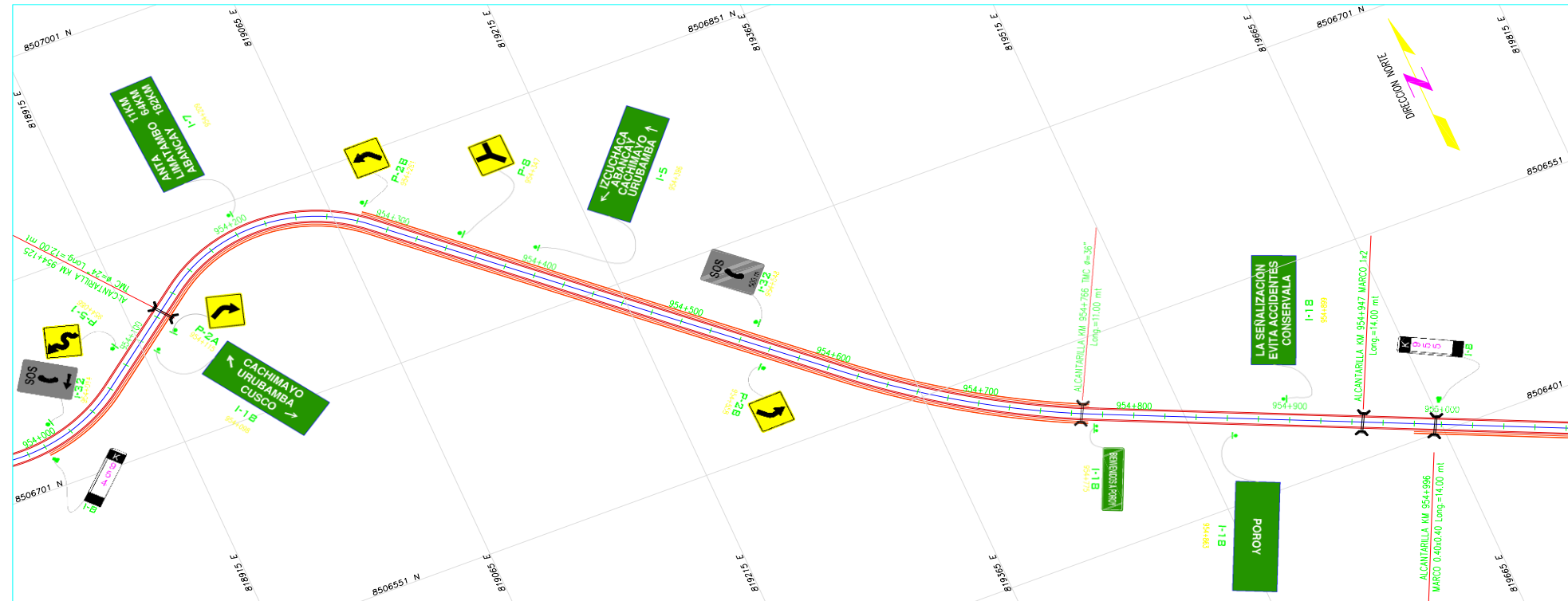
***Se Continuo Con Los Trabajos De Toma De Datos De Conteo Vehicular***







ANEXO II: PLANOS

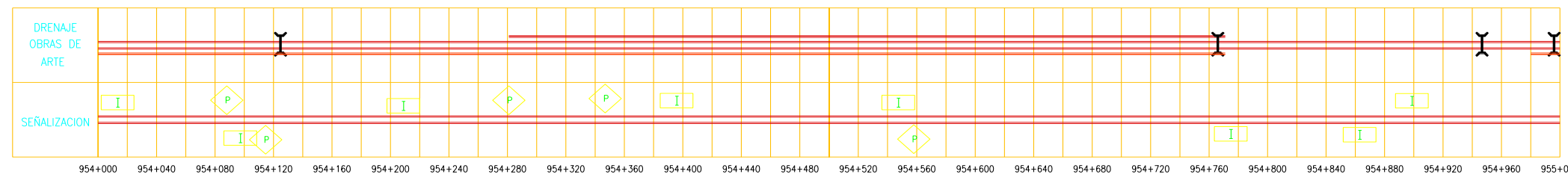


**LEYENDA**

|                       |  |
|-----------------------|--|
| EJE VIA               |  |
| CRUCE LINEA ALTA T.   |  |
| CABLE ELECTRICO AEREO |  |
| POSTE DE ALTA TENSION |  |
| POSTE DE LUZ          |  |
| POSTE DE TELEFONO     |  |

DRENAJE OBRAS DE ARTE

| DESCRIPCION             | SIMBOLO |
|-------------------------|---------|
| ALCANTARILLA            |         |
| PUNTE                   |         |
| CUNETA REVESTIDA        |         |
| MURO DE CONCRETO        |         |
| MURO DE PIEDRA          |         |
| GUARDAVIAS              |         |
| BORDILLO                |         |
| BOLARDOS                |         |
| PASE PEATONAL/VEHICULAR |         |



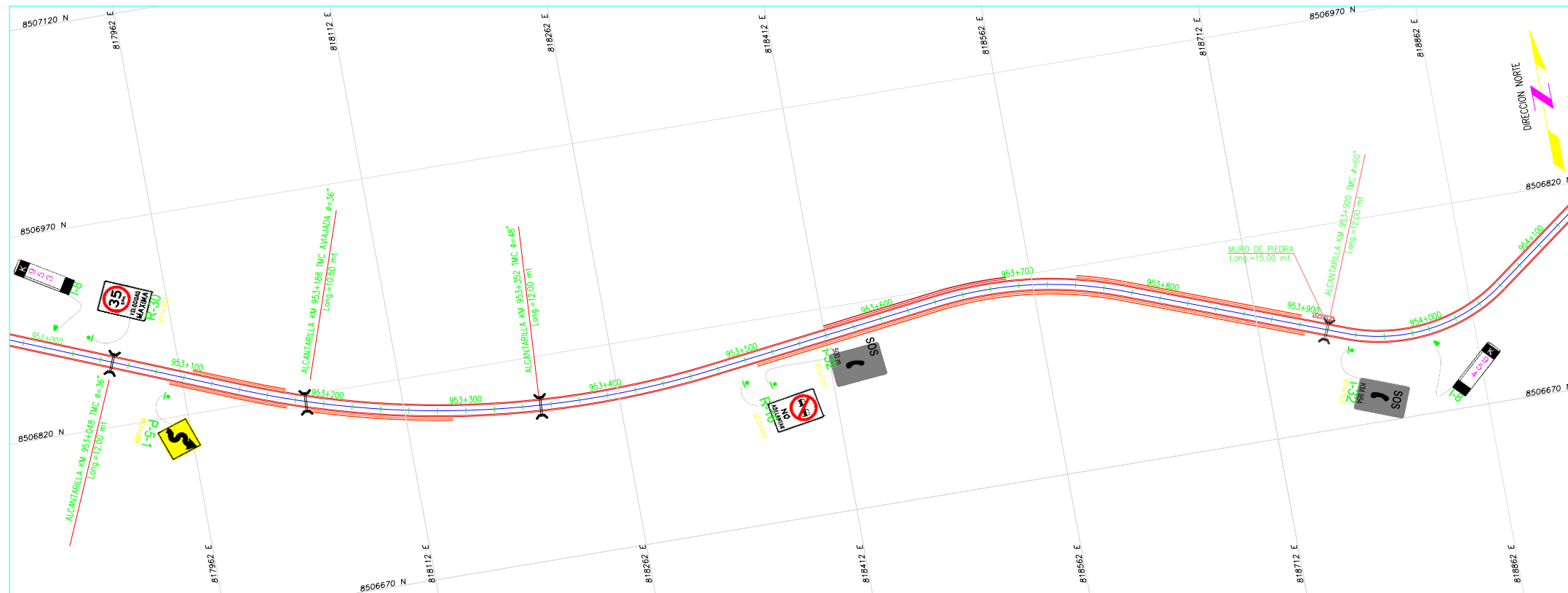
SEÑALIZACION

| DESCRIPCION |                |              |
|-------------|----------------|--------------|
| PREVENTIVAS | REGLEMENTARIAS | INFORMATIVAS |
|             |                |              |

| GUARDAVIAS |
|------------|
|            |
| LONG.      |

|              |                  |   |   |  |   |                                   |  |                       |
|--------------|------------------|---|---|--|---|-----------------------------------|--|-----------------------|
| <br><br><br> | <br>CONTRATISTA: | <b>PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR PERU - BRASIL</b><br><b>SECTOR : 8</b><br><b>PLANTAS</b><br><b>TRAMO: TRAMO 1 : SAN JUAN DE MARCONA - URCOS</b> | <b>PLANOS POST-CONSTRUCCION (AS-BUILT)</b><br><b>SECTOR : 8</b><br><b>PLANTA</b><br><b>KM 954+000 AL KM 955+000</b> | CONSORCIO UNION VIAL<br>Jefe de Supervision:   | CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR<br>Gerente de Obra: | S U R V I A L<br>Gerente Tecnico: | Escala : 1/1750<br>Fecha: SEPTIEMBRE 2010<br>N° Plano: | Rev. 1<br>PAG. 1 de 1 |
|              |                  |   |   | MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES<br>PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE PROVIAS NACIONAL<br>CODIGO DE PROYECTO 1628 | CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR                     | ING. FELIX UGARTE                 | ING. RICHARD BONILLA R.                                | ING. EFRAIN RONDINEL  |

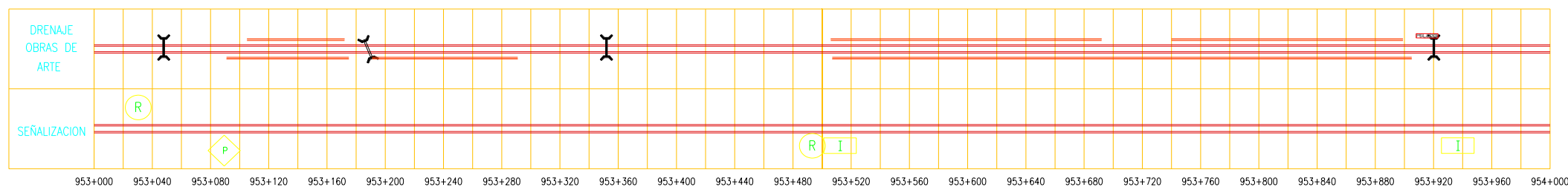


**LEYENDA**

|                       |  |
|-----------------------|--|
| EJE VIA               |  |
| CRUCE LINEA ALTA T.   |  |
| CABLE ELECTRICO AEREO |  |
| POSTE DE ALTA TENSION |  |
| POSTE DE LUZ          |  |
| POSTE DE TELEFONO     |  |

**DRENAJE OBRAS DE ARTE**

| DESCRIPCION               | SIMBOLO |
|---------------------------|---------|
| ALCANIAPILLA              |         |
| PUNTE                     |         |
| CUNETA PIVESHIDA          |         |
| MUPO DE CONCRETO          |         |
| MUPO DE PIEDRA            |         |
| GUARDAVIAS                |         |
| BORDILLO                  |         |
| BOLAPUOS                  |         |
| PASAJE PEATONAL/VICICULAP |         |

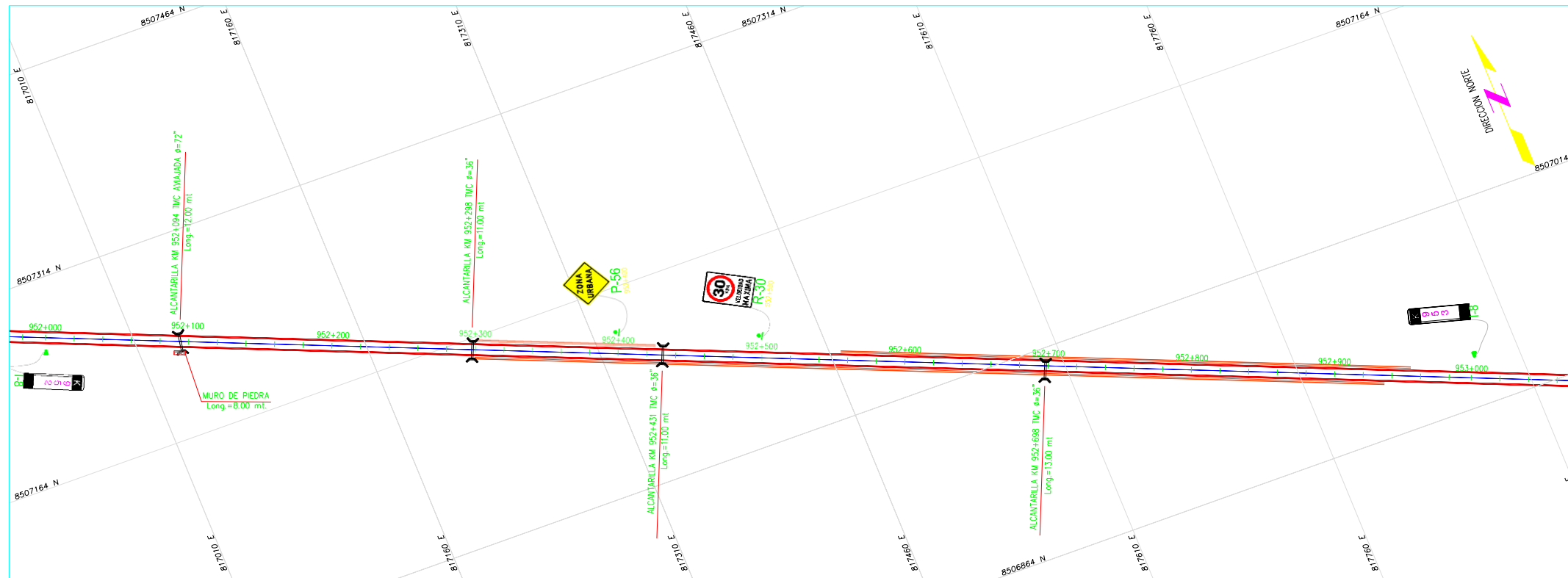


**SEÑALIZACION**

| DESCRIPCION |            |             | GUARDAVIAS |
|-------------|------------|-------------|------------|
| PREVENCION  | REGULACION | INFORMACION |            |
|             |            |             |            |
|             |            |             | LONG.      |

|  |  |   |                  |  |  |   |  |   |                               |  |
|--|--|---|------------------|--|--|---|--|---|-------------------------------|--|
|  |  | Ministerio de Transportes y Comunicaciones<br>Viceministerio de Transportes<br>Provias Nacional | CONTRATISTA:<br> | PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR PERU - BRASIL<br>TRAMO: TRAMO 1 : SAN JUAN DE MARCONA - URCOS | PLANOS POST-CONSTRUCCION (AS-BUILT)<br>SECTOR : 8  | CONSORCIO UNION VIAL<br>Jefe de Supervision:<br>ING. FELIX UGARTE | CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR<br>Gerente de Obra:<br>ING. RICHARD BONILLA R. | S U R V I A L<br>Gerente Tecnico:<br>ING. EFRAIN RONDINEL | Escala : 1/1750               | Rev. 1   |
|  |  |   |                  |  | MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES<br>PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE PROVIAS NACIONAL<br>CODIGO DE PROYECTO 1628 |   |  |   | CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR | PLANTA<br>Ubicacion:<br>KM 953+000 AL KM 954+000 |



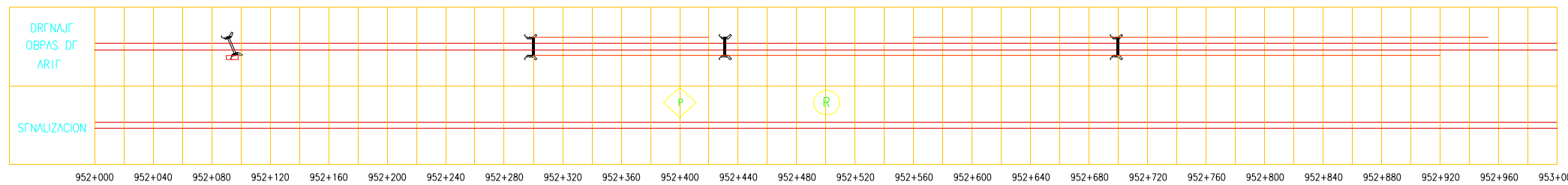


| LEYENDA               |  |
|-----------------------|--|
| EJE VIA               |  |
| CRUCE LINEA ALTA T.   |  |
| CABLE ELECTRICO AEREO |  |
| POSTE DE ALTA TENSION |  |
| POSTE DE LUZ          |  |
| POSTE DE TELEFONO     |  |

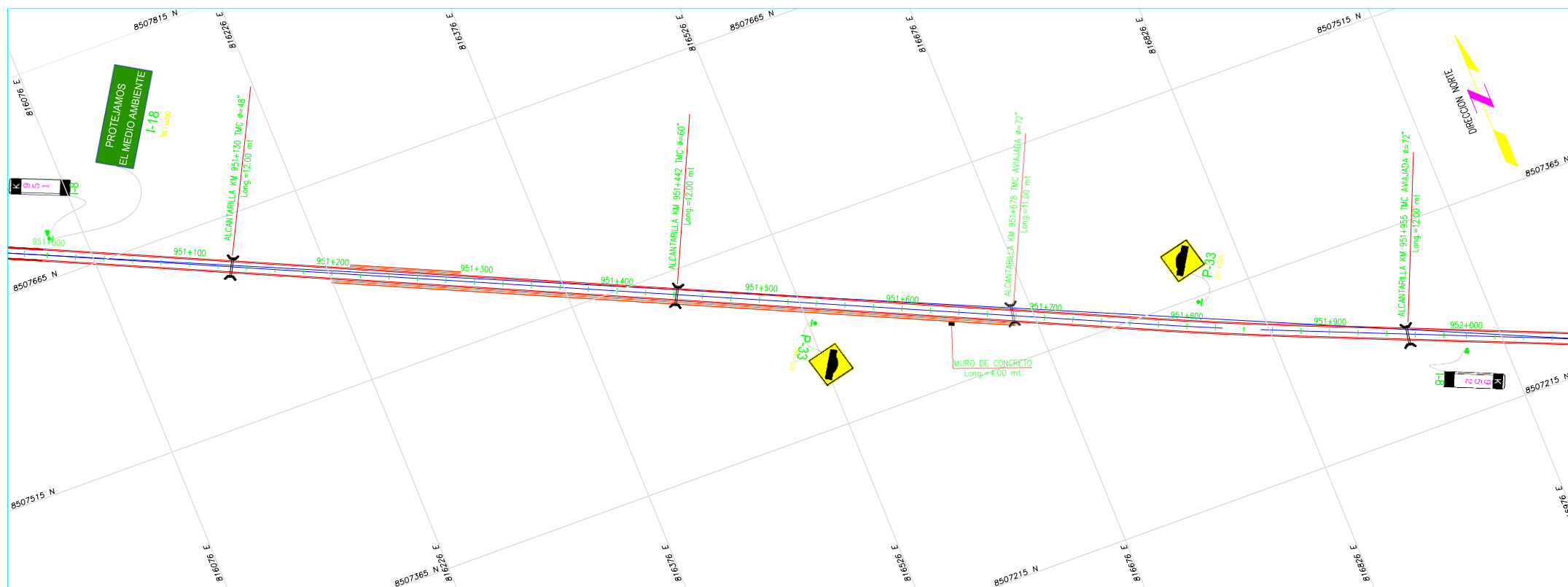
| DRENAJE OBRAS DE ARTE  |         |
|------------------------|---------|
| DESCRIPCION            | SIMBOLO |
| ALCANTARILLA           |         |
| PUNTE                  |         |
| CUNTA PIVSIDA          |         |
| MUPO DE CONCEPCIO      |         |
| MUPO DE PFDPA          |         |
| GUARDAVIAS             |         |
| BOPDILLO               |         |
| BOLAPDOS               |         |
| PASE PFAIONAL/VHICULAP |         |

SEÑALIZACION

| DESCRIPCION |              |              | GUARDAVIAS |
|-------------|--------------|--------------|------------|
| PPVFNIVMS   | PFGLAMFNIVMS | INFORMATIVMS |            |
|             |              |              |            |



|  |   |  |                  |  |                                     |  |  |                   |                         |                               |                       |                  |                 |        |
|--|---|--|------------------|--|-------------------------------------|--|--|-------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------|--------|
| <br>Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público | <br>MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES                      | Viceministerio de Transportes y Comunicaciones | Proviás Nacional | CONTRATISTA :                                | <br>CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR   | PLANOS POST-CONSTRUCCION (AS-BUILT)                    |  |                   | CONSORCIO UNION VIAL    | CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR | S U R V I A L         |                  | Escala : 1/1750 | Rev. 1 |
|  |   |  |                  |  |                                     | PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR PERU - BRASIL |  |                   |                         |                               | Jefe de Supervision:  | Gerente de Obra: |                 |        |
|  | PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE PROVIAS NACIONAL |  |                  | TRAMO: TRAMO 1 : SAN JUAN DE MARCONA - URCOS | PLANTA                              |  |  | ING. FELIX UGARTE | ING. RICHARD BONILLA R. | ING. EFRAIN RONDINEL          | N° Plano: CCS-GEO-709 | PAG. 1 de 1      |                 |        |
|  | CODIGO DE PROYECTO 1628   |  |                  |  | Ubicacion: KM 952+000 AL KM 953+000 |  |  |                   |                         |                               |                       |                  |                 |        |

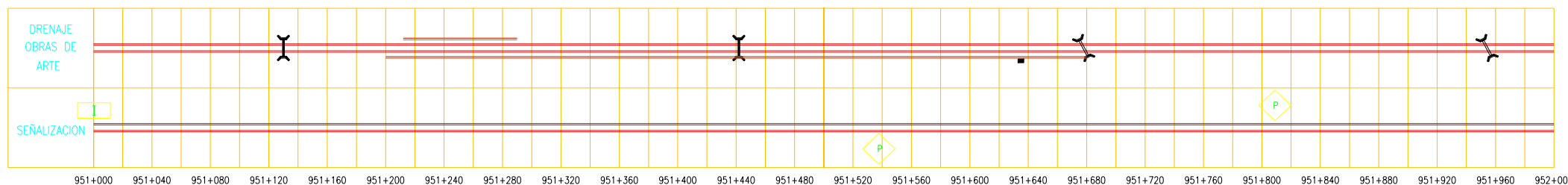


**LEYENDA**

|                       |  |
|-----------------------|--|
| EJE VIA               |  |
| CRUCE LINEA ALTA T.   |  |
| CABLE ELECTRICO AEREO |  |
| POSTE DE ALTA TENSION |  |
| POSTE DE LUZ          |  |
| POSTE DE TELEFONO     |  |

**DRENAJE OBRAS DE ARTE**

| DESCRIPCION             | SIMBOLO |
|-------------------------|---------|
| ALCANTARILLA            |         |
| PUENTE                  |         |
| CUNETA REVESTIDA        |         |
| MURO DE CONCRETO        |         |
| MURO DE PIEDRA          |         |
| GUARDAVIAS              |         |
| BORDILLO                |         |
| BOLARDOS                |         |
| PASE PEATONAL/VEHICULAR |         |



**SEÑALIZACION**

| DESCRIPCION |                |              |
|-------------|----------------|--------------|
| PREVENTIVAS | REGLAMENTARIAS | INFORMATIVAS |
|             |                |              |

| GUARDAVIAS |
|------------|
|            |

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE  
 PROVIAS NACIONAL  
 CODIGO DE PROYECTO 1628

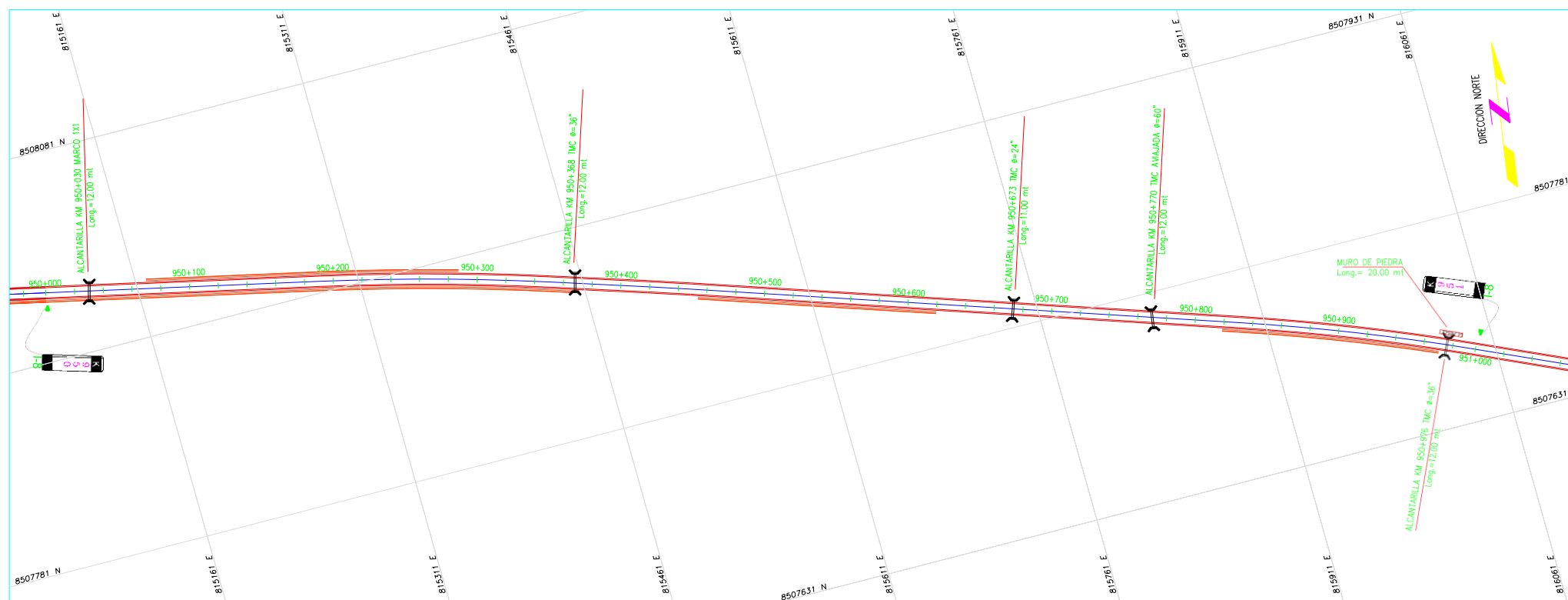
CONTRATISTA :  
  
 CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR

PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO  
 SUR PERU - BRASIL  
 TRAMO: TRAMO 1 : SAN JUAN DE MARCONA - URCOS

PLANOS POST-CONSTRUCCION (AS-BUILT)  
 SECTOR : 8  
 PLANTA  
 Ubicación: KM 951+000 AL KM 952+000

CONSORCIO UNION VIAL  
 Jefe de Supervision: ING. FELIX UGARTE  
 CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR  
 Gerente de Obra: ING. RICHARD BONILLA R.  
 S U R V I A L  
 Gerente Tecnico: ING. EFRAIN RONDINEL

Escala : 1/1750  
 Fecha: SEPTIEMBRE 2010  
 N° Plano: CCS-GEO-708  
 Rev. 1  
 PAG. 1 de 1

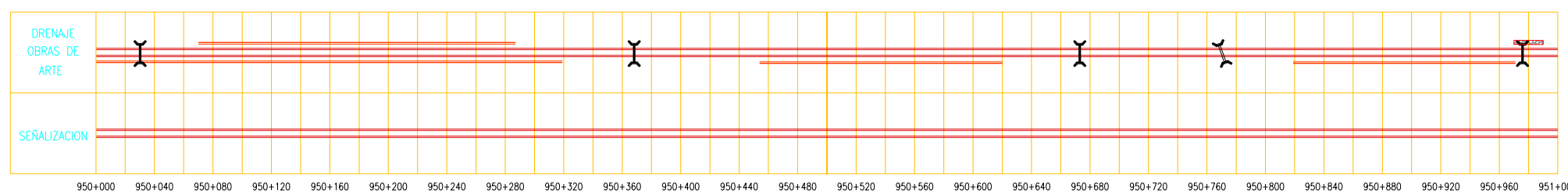


**LEYENDA**

|                       |  |
|-----------------------|--|
| EJE VA                |  |
| CRUCE LINEA ALTA T.   |  |
| CABLE ELECTRICO AEREO |  |
| POSTE DE ALTA TENSION |  |
| POSTE DE LUZ          |  |
| POSTE DE TELEFONO     |  |

**DRENAJE OBRAS DE ARTE**

| DESCRIPCION             | SIMBOLO |
|-------------------------|---------|
| ALCANTARILLA            |         |
| PUENTE                  |         |
| CUNETIA REVESTIDA       |         |
| MURO DE CONCRETO        |         |
| MURO DE PIEDRA          |         |
| GUARDAVIAS              |         |
| BORDILLO                |         |
| BOLARDOS                |         |
| PASE PEATONAL/VEHICULAR |         |



**SEÑALIZACION**

| DESCRIPCION |                |              | GUARDAVIAS |
|-------------|----------------|--------------|------------|
| PREVENTIVAS | REGLAMENTARIAS | INFORMATIVAS | LONG.      |
|             |                |              |            |

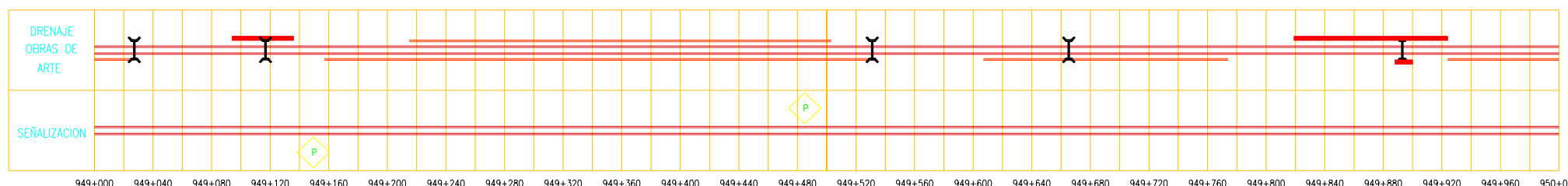
|  |  |   |   |   |   |  |   |                                     |                                |                             |
|--|--|---|---|---|---|--|---|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| <p>OSITRAN<br/>Organismo Supervisor de la Tramitación e Infraestructura de Transporte de Uso Público</p> | <p>PERU<br/>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</p> | <p>Provias Nacional<br/>Viceministerio de Transportes</p> | <p>CONTRATISTA:<br/>GyM<br/>CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR</p> | <p>PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR PERU - BRASIL</p>   | <p>PLANOS POST-CONSTRUCCION (AS-BUILT)<br/>SECTOR : 8</p> | <p>CONSORCIO UNION VIAL<br/>Jefe de Supervision:</p> | <p>CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR<br/>Gerente de Obra:</p> | <p>SURVIAL<br/>Gerente Tecnico:</p> | <p>Escala : 1/1750</p>         | <p>Rev. 1</p>               |
|  |  |   |   | <p>MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES<br/>PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE PROVIAS NACIONAL<br/>CODIGO DE PROYECTO 1628</p> | <p>TRAMO: TRAMO 1 : SAN JUAN DE MARCONA - URCOS</p>       | <p>Plano:<br/>PLANTA</p>                             | <p>Ubicacion:<br/>KM 950+000 AL KM 951+000</p>            | <p>ING. FELIX UGARTE</p>            | <p>ING. RICHARD BONILLA R.</p> | <p>ING. EFRAIN RONDINEL</p> |



| LEYENDA               |  |
|-----------------------|--|
| EJE VIA               |  |
| CRUCE LINEA ALTA T.   |  |
| CABLE ELECTRICO AEREO |  |
| POSTE DE ALTA TENSION |  |
| POSTE DE LUZ          |  |
| POSTE DE TELEFONO     |  |

DRENAJE OBRAS DE ARTE

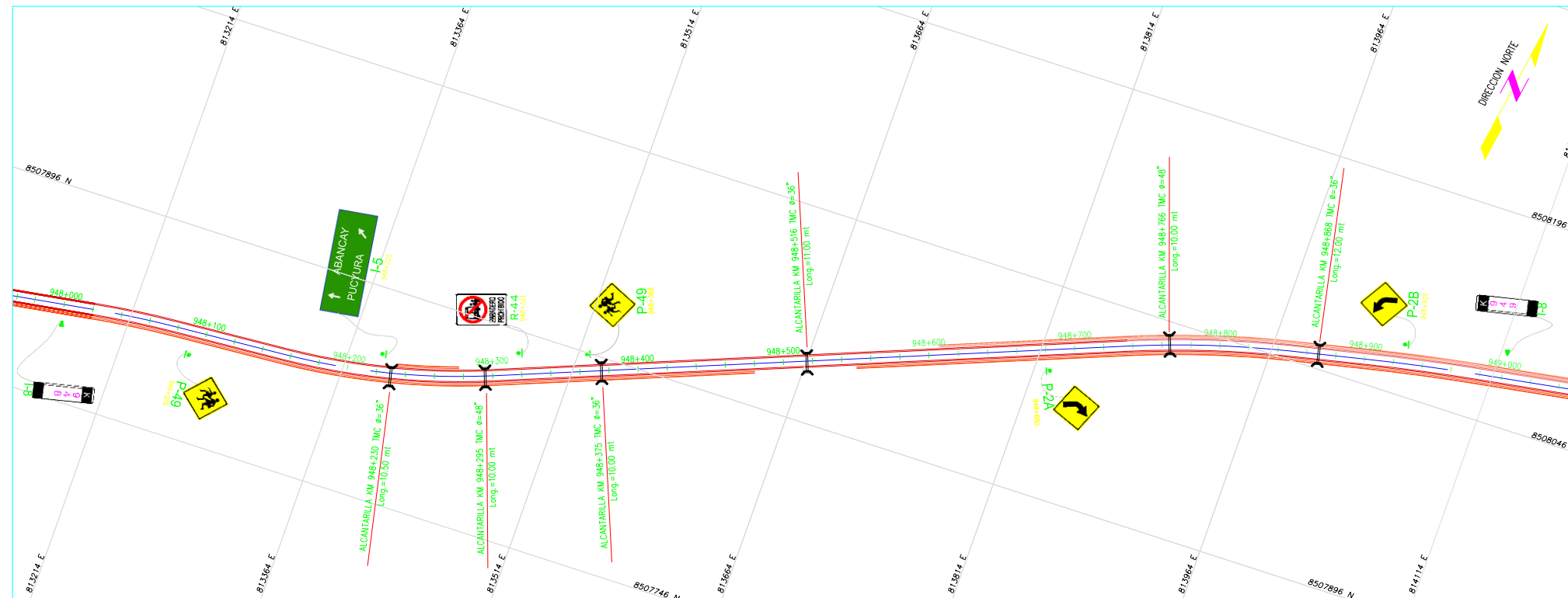
| DESCRIPCION             | SIMBOLO |
|-------------------------|---------|
| ALCANTARILLA            |         |
| PUNTA                   |         |
| CUNTA PERFORADA         |         |
| MURO DE CONCRETO        |         |
| MURO DE PIEDRA          |         |
| GUARDAVIAS              |         |
| BORDILLO                |         |
| BOLAPDOS                |         |
| PASE PEATONAL/VICICULAP |         |



SEÑALIZACION

| DESCRIPCION |            |             | GUARDAVIAS |
|-------------|------------|-------------|------------|
| PROTECCION  | PROTECCION | INFORMACION | LONG.      |
|             |            |             |            |

|  |   |  |   |  |  |                      |  |  |                                       |                        |
|--|---|--|---|--|--|----------------------|--|--|---------------------------------------|------------------------|
| <br>OSITRAN<br><small>Sistema Superior de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público</small> | <br>PERU<br><small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small> | <br>Viceministerio de Transportes<br><small>Provisión Nacional</small> | CONTRATISTA:<br><br>GyM<br><small>CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR</small> | PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR PERU - BRASIL   | PLANOS POST-CONSTRUCCION (AS-BUILT) SECTOR : 8 | CONSORCIO UNION VIAL | CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR          | SURVIAL                                  | Escala : 1/1750                       | Rev. 1                 |
|  |   |  |   | MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES<br>PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE PROVIAS NACIONAL<br>CODIGO DE PROYECTO 1628 | TRAMO: TRAMO 1 : SAN JUAN DE MARCONA - URCOS   | PLANTA               | Jefe de Supervision: ING. FELIX UGARTE | Gerente de Obra: ING. RICHARD BONILLA R. | Gerente Tecnico: ING. EFRAIN RONDINEL | Fecha: SEPTIEMBRE 2010 |

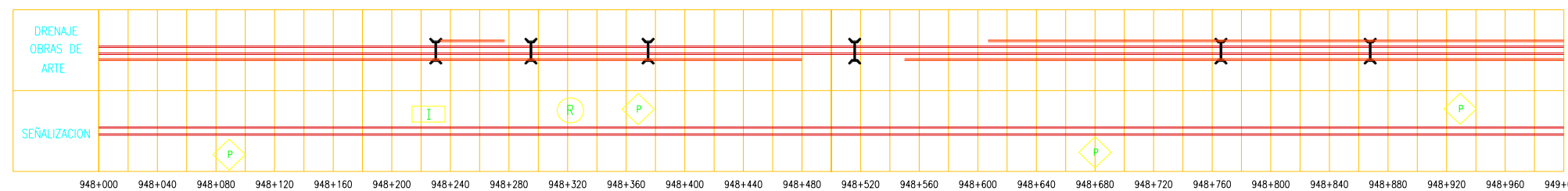


**LEYENDA**

|                       |  |
|-----------------------|--|
| EJE VIA               |  |
| CRUCE LINEA ALTA T.   |  |
| CABLE ELECTRICO AEREO |  |
| POSTE DE ALTA TENSION |  |
| POSTE DE LUZ          |  |
| POSTE DE TELEFONO     |  |

**DRENAJE OBRAS DE ARTE**

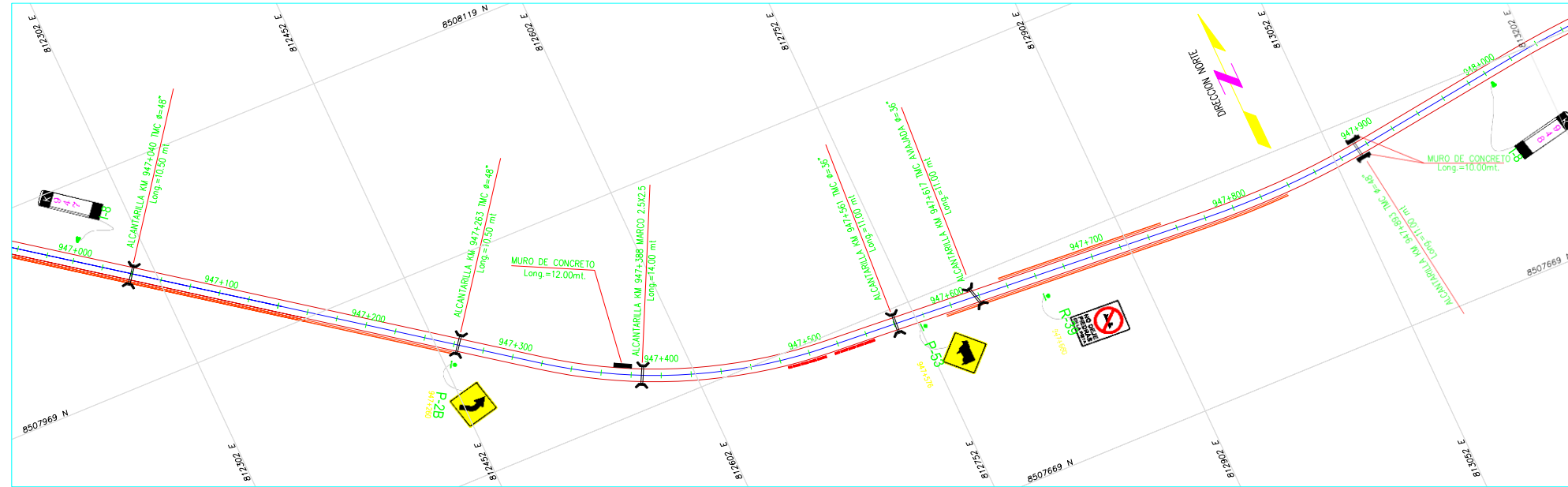
| DESCRIPCION               | SIMBOLO |
|---------------------------|---------|
| ALCANAPILLA               |         |
| PUNTA                     |         |
| CUNFIA PREVISTA           |         |
| MUPO DE CONCEPTO          |         |
| MUPO DE PIDPA             |         |
| GUARDAVIAS                |         |
| BORDILLO                  |         |
| BOLAPDOS                  |         |
| PASAJE PEATONAL/VEHICULAR |         |



**SEÑALIZACION**

| DESCRIPCION |            |              | GUARDAVIAS |
|-------------|------------|--------------|------------|
| PREVENCION  | PREVENCION | INFORMATIVAS |            |
|             |            |              |            |
|             |            |              | LONG.      |

|  |  |  |   |   |   |   |  |   |  |                                  |
|--|--|--|---|---|---|---|--|---|--|----------------------------------|
| <p>OSITRAN<br/>Organismo Supervisor de la Tramitación e Infraestructura de Transporte de Uso Público</p> | <p>PERU<br/>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</p> | <p>Proviás Nacional<br/>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</p> | <p>CONTRATISTA:<br/>GyM<br/>CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR</p> | <p>PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR PERU - BRASIL</p> <p>TRAMO: TRAMO 1 : SAN JUAN DE MARCONA - URCOS</p> | <p>PLANOS POST-CONSTRUCCION (AS-BUILT)<br/>SECTOR : 8</p> <p>Plano: PLANTA</p> <p>Ubicación: KM 948+000 AL KM 949+000</p> | <p>CONSORCIO UNION VIAL</p> <p>Jefe de Supervisión: ING. FELIX UGARTE</p> | <p>CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR</p> <p>Gerente de Obra: ING. RICHARD BONILLA R.</p>   | <p>SURVIAL</p> <p>Gerente Técnico: ING. EFRAIN RONDINEL</p> | <p>Escala: 1/1750</p> <p>Fecha: SEPTIEMBRE 2010</p> <p>N° Plano: CCS-GEO-705</p> | <p>Rev. 1</p> <p>PAG. 1 de 1</p> |
|  |  |  |   |   |   | <p>UNION VIAL</p>   | <p>MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES<br/>PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE PROVIAS NACIONAL</p> <p>CODIGO DE PROYECTO 1628</p> |   |  |                                  |



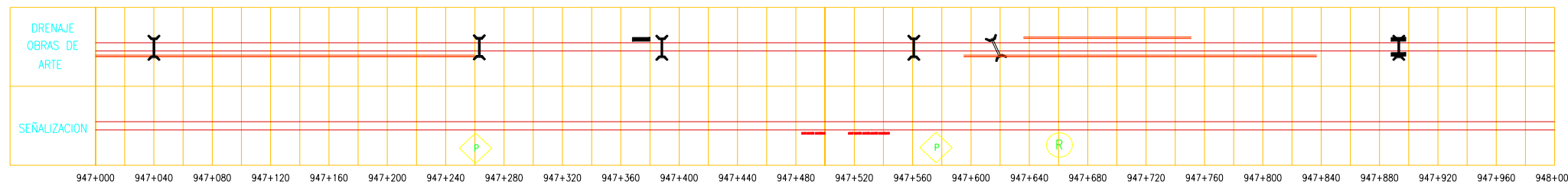
| LEYENDA               |  |
|-----------------------|--|
| EJE VIA               |  |
| CRUCE LINEA ALTA T.   |  |
| CABLE ELECTRICO AEREO |  |
| POSTE DE ALTA TENSION |  |
| POSTE DE LUZ          |  |
| POSTE DE TELEFONO     |  |

DRENAJE OBRAS DE ARTE

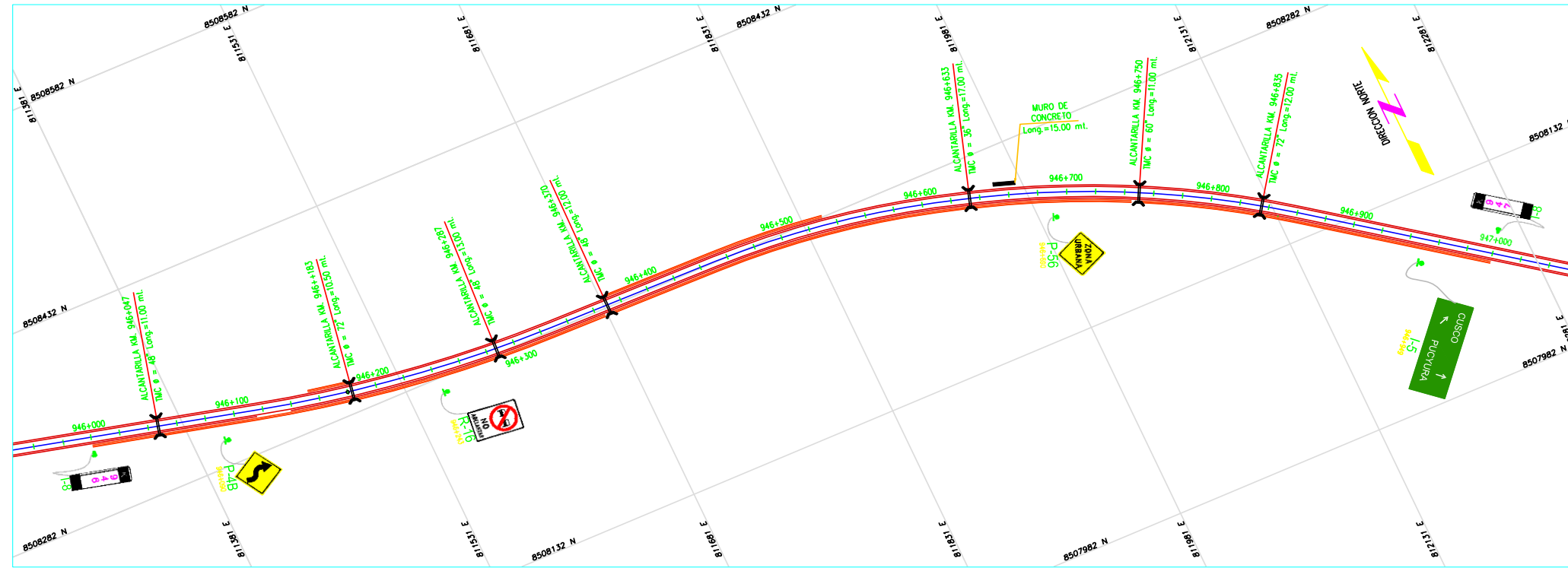
| DESCRIPCION             | SIMBOLO |
|-------------------------|---------|
| ALCANTARILLA            |         |
| PUNTE                   |         |
| CUNIA PIVSIDA           |         |
| MURO DE CONCRETO        |         |
| MURO DE PIEDRA          |         |
| GUARDAVIAS              |         |
| BOPILLO                 |         |
| BOLAPDOS                |         |
| PASE PEATONAL/VEHICULAR |         |

SEÑALIZACION

| DESCRIPCION |            |             | GUARDAVIAS |
|-------------|------------|-------------|------------|
| PREVENCION  | REGULACION | INFORMACION |            |
|             |            |             |            |



|  |   |  |  |   |   |  |   |                        |                          |
|--|---|--|--|---|---|--|---|------------------------|--------------------------|
| <br>OSITRAN<br><small>Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público</small> | <br>MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES<br>PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE<br>PROVIAS NACIONAL<br>CODIGO DE PROYECTO 1628 | CONTRATISTA:<br><br>GYM<br>CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR | PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR PERU - BRASIL<br>TRAMO: TRAMO 1 : SAN JUAN DE MARCONA - URCOS | PLANOS POST-CONSTRUCCION (AS-BUILT)<br>SECTOR : 8 | CONSORCIO UNION VIAL<br>Jefe de Supervision:<br>ING. FELIX UGARTE | CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR<br>Gerente de Obra:<br>ING. RICHARD BONILLA R. | S U R V I A L<br>Gerente Tecnico:<br>ING. EFRAIN RONDINEL | Escala : 1/1750        | Rev. 1                   |
|  |   |  |  | Plana:<br>PLANTA                                  |   |  |   | Fecha: SEPTIEMBRE 2010 | N° Plana:<br>CCS-GEO-704 |



**LEYENDA**

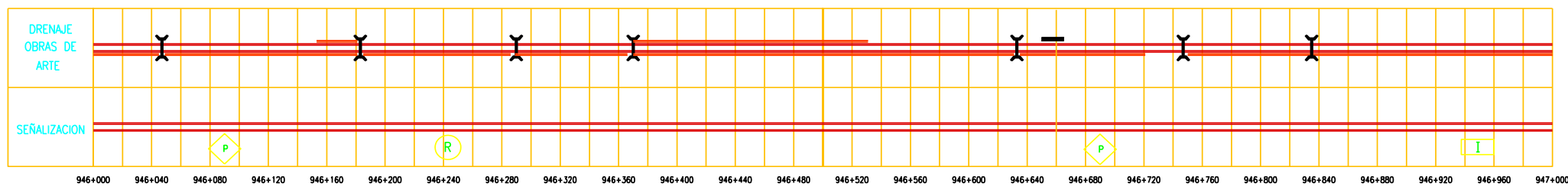
|                       |  |
|-----------------------|--|
| EJE VIA               |  |
| CRUCE LINEA ALTA T.   |  |
| CABLE ELECTRICO AEREO |  |
| POSTE DE ALTA TENSION |  |
| POSTE DE LUZ          |  |
| POSTE DE TELEFONO     |  |

**DRENAJE OBRAS DE ARTE**

| DESCRIPCION             | SIMBOLO |
|-------------------------|---------|
| ALCANTARILLA            |         |
| PUNTE                   |         |
| CUNTA REVERSIDA         |         |
| MURO DE CONCRETO        |         |
| MURO DE PIEDRA          |         |
| GUARDAVIAS              |         |
| BORDILLO                |         |
| BOLARDOS                |         |
| PASE PEATONAL/VICICULAP |         |

**SEÑALIZACION**

| DESCRIPCION |             |              | GUARDAVIAS |
|-------------|-------------|--------------|------------|
| PREVIATIVAS | REGULATIVAS | INFORMATIVAS | LONG.      |
|             |             |              |            |



Ministerio de Transportes y Comunicaciones  
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE  
 PROVIAS NACIONAL  
 CODIGO DE PROYECTO 1688



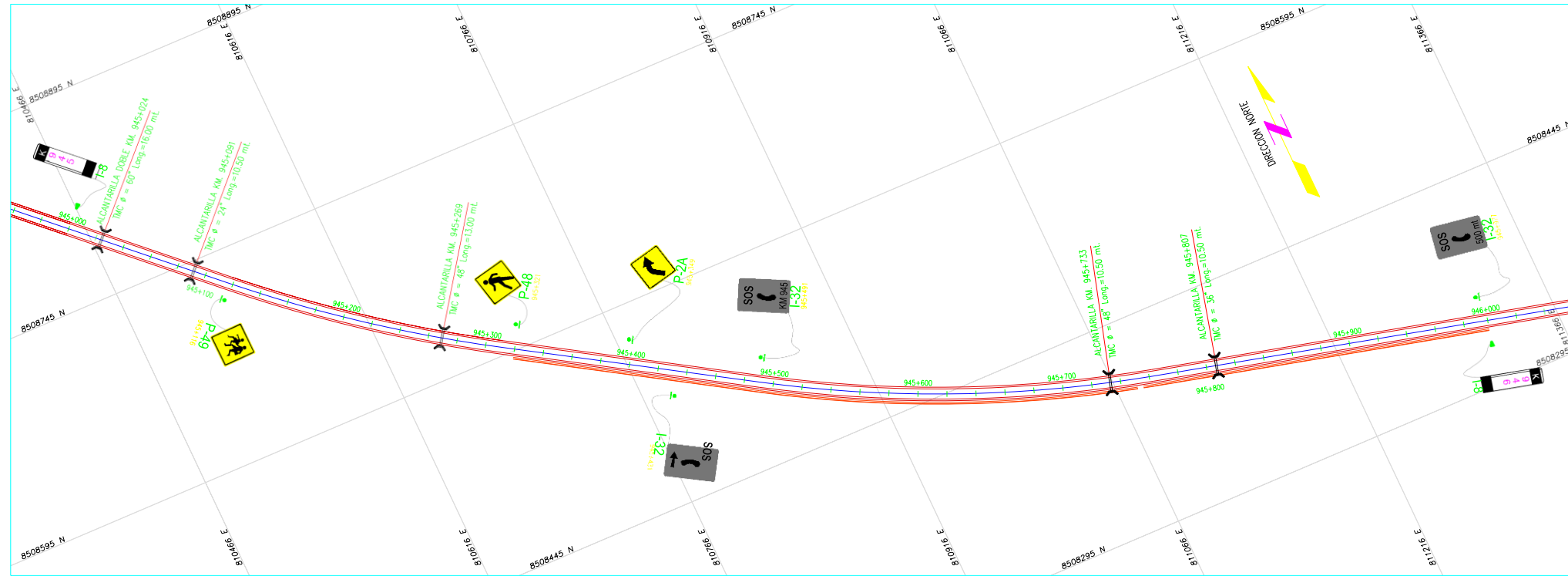
CONTRATISTA:  
**PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR PERU - BRASIL**  
 TRAMO: TRAMO 1 : SAN JUAN DE MARCONA - URCOS

**PLANOS POST-CONSTRUCCION (AS-BUILT)**  
 SECTOR : 8  
 PLANTA  
 Ubicación: KM 946+000 AL KM 947+000

CONSORCIO UNION VIAL  
 Jefe de Supervision: ING. FELIX UGARTE  
 CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR  
 Gerente de Obra: ING. RICARD BONILLA R.  
 SURVIAL  
 Gerente Tecnico: ING. IFRAIN RONDINEL

Escala : 1/1750  
 Fecha: SEPTIEMBRE 2010  
 N° Plano: CCS-GEO-703  
 Rev. 1  
 PAG. 1 de 1





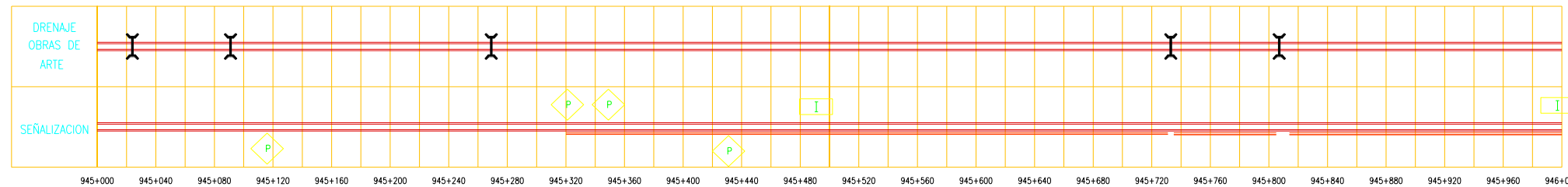
| LEYENDA               |  |
|-----------------------|--|
| EJE VIA               |  |
| CRUCE LINEA ALTA T.   |  |
| CABLE ELECTRICO AEREO |  |
| POSTE DE ALTA TENSION |  |
| POSTE DE LUZ          |  |
| POSTE DE TELEFONO     |  |

DRENAJE OBRAS DE ARTE

| DESCRIPCION             | SIMBOLO |
|-------------------------|---------|
| ALCANTARILLA            |         |
| PUNTE                   |         |
| CUNTA PRIVADA           |         |
| MUPO DE CONCRETO        |         |
| MUPO DE PIEDRA          |         |
| GUARDAVIAS              |         |
| BORDILLO                |         |
| BOLAPDOS                |         |
| PASE PEATONAL/VEHICULAR |         |

SEÑALIZACION

| DESCRIPCION |             |              | GUARDAVIAS |
|-------------|-------------|--------------|------------|
| PREVENIVAS  | REGULATIVAS | INFORMATIVAS |            |
|             |             |              |            |



|  |   |  |   |   |  |  |  |  |   |  |                 |        |
|--|---|--|---|---|--|--|--|--|---|--|-----------------|--------|
| <br>OSITRAN<br><small>Sistema Superior de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público</small> | <br>PERU<br><small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small> | <br>Provincias Nacionales<br><small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small> | CONTRATISTA:<br><br>GyM<br><small>CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR</small> | PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR PERU - BRASIL<br>TRAMO: TRAMO 1 : SAN JUAN DE MARCONA - URCOS  |  | PLANOS POST-CONSTRUCCION (AS-BUILT)<br>SECTOR : 8<br>PLANTA<br>Ubicación: KM 945+000 AL KM 946+000 |  | CONSORCIO UNION VIAL<br>Jefe de Supervision: ING. FELIX UGARTE | CONSORCIO CONSTRUCTOR DEL SUR<br>Gerente de Obra: ING. RICHARD BONILLA R. | SURVIAL<br>Gerente Técnico: ING. EFRAIN RONDINEL | Escala : 1/1750 | Rev. 1 |
|  |   |  |   | MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES<br>PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE<br>PROVIAS NACIONAL<br>CODIGO DE PROYECTO 1628 |  |  |  | N° Plano: CCS-GEO-702  |   | Fecha: SEPTIEMBRE 2010                           | PAG. 1 de 1     |        |



**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

TEMA: "DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD EN LA VELOCIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA CARRETERA POROY – IZCUCAC

| PROBLEMA   | OBJETIVOS   | HIPÓTESIS   | VARIABLES                               | INDICADOR   | FUENTE                         |
|--|---|---|---|---|--------------------------------|
| <b>PROBLEMA GENERAL</b>  | <b>OBJETIVO GENERAL</b>   | <b>HIPOTESIS GENERAL</b>  | <b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>           | <b>INDICADOR DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE</b>   | *Ficha de recolección de campo |
| ¿Cómo el índice de rugosidad del pavimento flexible influye en el nivel de servicio de la carretera Poroy - Izcuchaca aplicando la metodología del HCM 6ª edición? | Analizar el nivel de servicio en relación al índice de rugosidad del pavimento flexible de la vía Poroy - Izcuchaca aplicando la metodología del HCM 6ª edición | Con el índice de rugosidad del pavimento flexible de la vía Poroy - Izcuchaca se demostrará que nos proporciona un adecuado nivel de servicio aplicando la metodología del HCM 6ª edición . | Índice internacional de rugosidad (IRI) | •Elevaciones en longitud  |                                |
| <b>FORMULACION INTERROGATIVA DEL PROBLEMA N° 01</b>  | <b>OBJETIVO ESPECIFICO N° 01</b>  | <b>HIPOTESIS ESPECIFICA N° 01</b>   | <b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>             | <b>INDICADOR DE LA VARIABLE DEPENDIENTE</b>   |                                |
| ¿Cuánto el índice de rugosidad de la vía Poroy - Izcuchaca en el carril derecho influye en el nivel de servicio?   | Determinar el nivel de servicio en relación al índice de rugosidad en el carril derecho de la vía Poroy - Izcuchaca   | El estado del índice de rugosidad en el carril derecho de la vía Poroy - Izcuchaca reduce el porcentaje velocidad de flujo libre obteniendo un nivel de servicio B.                         | Nivel de Servicio                       | •Velocidad.<br>•Máxima intensidad<br>•Porcentaje de promedio de viaje (ATS)<br>•Porcentaje de tiempo de seguimiento (PTSF)<br>•Velocidad de flujo libre en condiciones reales. (PFFS) |                                |
| <b>FORMULACION INTERROGATIVA DEL PROBLEMA N° 02</b>  | <b>OBJETIVO ESPECIFICO N° 02</b>  | <b>HIPOTESIS ESPECIFICA N° 02</b>   |   |   |                                |
| ¿Cuánto es la rugosidad de la superficie del pavimento en el carril izquierdo en la vía Poroy - Izcuchaca?   | Determinar la rugosidad de la superficie del pavimento en el carril izquierdo en la vía Poroy - Izcuchaca.  | La Rugosidad de la superficie del pavimento en el carril derecho en la vía Poroy - Izcuchaca está dentro del índice con un rango de 4.0 – 5.0 de calificación malo                          |   |   |                                |
| <b>FORMULACION INTERROGATIVA DEL PROBLEMA N° 03</b>  | <b>OBJETIVO ESPECIFICO N° 03</b>  | <b>HIPOTESIS ESPECIFICA N° 03</b>   |   |   |                                |
| ¿Cuál es el nivel de correlación estadística de los factores velocidad e índice de rugosidad?  | Evaluar el nivel de correlación estadístico de los factores velocidad e índice de rugosidad.  | El índice de rugosidad de la vía tiene un nivel bajo de correlación estadística con la velocidad.   |   |   |                                |